This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

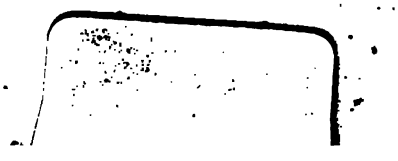
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`



ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES
Publiées par M. l'abbé MOIGNO

2e SÉRIE — N° 50

MÉMOIRES

DE

MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE

EXPOSÉ DES RÉSULTATS DE LA DISCUSSION

DE CARTES DU TEMPS DES ÉTATS-UNIS

AINSI QUE D'AUTRES DOCUMENTS

PAR

M. ÉLIAS LOOMIS

PROFESSEUR DE PHILOSOPHIE NATURELLE A L'**Yale College** (ÉTATS-UNIS)

TRADUITS DE L'ANGLAIS

PAR

M. H. BROCARD

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, CAPITAINE DU GÉNIE,
MEMBRE DU CONSEIL DE LA SOCIÉTÉ MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE, DE LA SOCIÉTÉ DE STATISTIQUE DE L'ISÈRE, DE LA SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE,
DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES, DES COMMISSIONS MÉTÉOROLOGIQUES D'ALGER ORAN, CONSTANTINE ET GRENOBLE,
CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE COMMERCIALE DE PARIS.

PARIS

AU BUREAU DU JOURNAL *LES MONDES*
38, RUE DE LA SOURDIÈRE, 38

ET CHEZ M. GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55

1880

(Tous droits réservés)

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS
Quai des Augustins, n° 55, à Paris.

A Monsieur Bodleian Library.

Dép^t England à Oxford

MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE

CHATEAUROUX. — TYPOGRAPHIE ET STÉRÉOTYPIE A. HURET ET FILS.

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES
Publiées par M. l'abbé MOIGNO

2e Série. — N° 50

MÉMOIRES

DE

MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE

EXPOSÉ DES RÉSULTATS DE LA DISCUSSION

DES CARTES DU TEMPS DES ÉTATS-UNIS

AINSI QUE D'AUTRES DOCUMENTS

PAR

M. ÉLIAS LOOMIS

PROFESSEUR DE PHILOSOPHIE NATURELLE A L'Yale College (ÉTATS-UNIS)

TRADUITS DE L'ANGLAIS

PAR

M. H. BROCARD

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, CAPITAINE DU GÉNIE,
MEMBRE DU CONSEIL DE LA SOCIÉTÉ MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE, DE LA SOCIÉTÉ DE STATISTIQUE
DE L'ISÈRE, DE LA SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE,
DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES, DES COMMISSIONS MÉTÉOROLOGIQUES
D'ALGER, ORAN, CONSTANTINE ET GRENOBLE,
CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE COMMERCIALE DE PARIS.

PARIS
AU BUREAU DU JOURNAL *LES MONDES*
18, RUE DU DRAGON, 18
ET CHEZ M. GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55

1879

(Tous droits réservés)

196. e. 67.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

PRÉFACE VII
Explication des planches. XI
Conversion des mesures anglaises en mesures françaises. XV

PREMIER MÉMOIRE.

Méthode suivie pour la discussion des Cartes du Temps. 1
Direction et vitesse moyennes des Tempêtes 2
Influence de la pluie sur la marche des Tempêtes. 5
Relation entre l'étendue de la courbe de pluie et la vitesse de parcours de la Tempête. 6
Influence de la courbe de pluie sur la direction du mouvement de la Tempête. 7
Influence de la vitesse du vent sur la marche des Tempêtes. . . . 8
La vitesse de progression d'une Tempête dépend-elle de la loi de baisse barométrique, si la Tempête approche, ou de la loi de hausse barométrique, si la Tempête est déjà passée ? 11
Relation entre la vitesse du vent et la vitesse de parcours de la Tempête. 12
A quels indices on reconnaît qu'une Tempête augmente ou diminue d'intensité 15
Forme des courbes Isobares. 16
Classification des Tempêtes. 17
Quelle peut être l'origine des Tempêtes qui semblent provenir du *Far West*. 19

DEUXIÈME MÉMOIRE.

Direction et vitesse du vent à l'intérieur des zones de pression maximum 23
Conséquences du mouvement centrifuge de l'air autour d'une zone de haute pression. 28
Minima mensuels de la température 29
Longues périodes de temps froid 31
Tempête du 6-8 janvier 1874 34
Relation entre la vitesse du vent et l'équidistance des Isobares dans le voisinage du centre d'une Tempête 38

TROISIÈME MÉMOIRE.

Direction et vitesse moyennes des Tempêtes 41
Inégalité diurne dans le mouvement des Tempêtes 43
Influence de la pluie sur le mouvement des Tempêtes 47
Influence du voisinage d'une zone de haute pression sur le mouvement d'une Tempête. 49
Forme des courbes Isobares. 52
Grandes et subites variations de température. 53
Tempête du 15 janvier 1875, à Denver (Colorado). 56

QUATRIÈME MÉMOIRE.

Pages.

Mouvement des zones de hautes pressions 59
Minima mensuels de la température 60
Influence des vents sur la température, l'humidité et la pression de l'atmosphère 62
Variation diurne de la quantité d'eau tombée 66
Comparaison des trajectoires des Tempêtes en Amérique et en Europe 67
Oscillations du baromètre à diverses latitudes 71
Tempêtes suivies à travers l'Océan Atlantique 75
Vitesse des Tempêtes sur l'Océan 76
Tempêtes du 29 janvier au 8 février 1870 sur l'Océan Atlantique . . . 77
Application de la formule de Ferrel 78
Tempêtes stationnaires 80

CINQUIÈME MÈMOIRE.

Abaissement de la température et période de froid en décembre 1872 83
Forme des zones de plus haute et de plus basse pressions 94
Influence de la pluie sur les variations de la pression barométrique. 97
Tempêtes stationnaires près de la côte de Terre-Neuve 99
Mouvement et vitesse des Tempêtes dans les régions tropicales . . . 100

SIXIÈME MÉMOIRE.

Période de chaleur extraordinaire en juin 1873 105
Zones de pluie ; leur forme, leurs mouvements, leur distribution, etc. 117
Pluie de deux pouces (50^{mm}8) dans les stations au nord du 36^{me} parallèle 123

SEPTIÈME MÉMOIRE.

Forme, dimensions, mouvement, distribution, etc., des zones de pluie. 131
Étude spéciale de la période du 19 au 23 octobre 1873 135
Suite de la discussion du tableau des quantités de pluie 137
Zones de basse pression sans pluie 147
Conclusions 155

HUITIÈME MÉMOIRE.

Origine et développement des Tempêtes 159
Tempête du 30 décembre 1874 au 18 janvier 1875 174
Vents violents 178
Régime des vents violents à Indianola 182
Gradient barométrique 185

NEUVIÈME MÉMOIRE.

Basse pression à Portland (Oregon) 189
Basse pression à San-Francisco (Californie) 192
Zones de haute pression 196

PRÉFACE

Les divers Mémoires que renferme cet ouvrage sont le fruit des recherches de M. E. Loomis, *professeur de philosophie naturelle à* l'Yale College, *avec la collaboration de* MM. E. S. Cowles *et* H. A. Hazen. *Ils ont tous été publiés dans le* Journal américain des Sciences et des Arts, *après avoir été présentés par l'auteur à l'Académie nationale des Sciences de Washington, de Philadelphie et de New-York.*

Le talent de M. E. Loomis *comme météorologiste a été apprécié déjà en Europe, et* M. Faye *a dernièrement appelé l'attention du monde savant sur l'importance des résultats auxquels était arrivé le professeur américain.*

L'utilité des études météorologiques est aujourd'hui universellement reconnue, et dans la plupart des pays civilisés, il existe une véritable organisation scientifique, chargée du soin de recueillir et de publier des observations.

Ainsi que nous avons eu l'occasion de l'exposer dans le journal Les Mondes (7 *juin et* 14 *juillet* 1877) *le Service des Signaux, ou* Signal Service *des États-Unis, peut être regardé comme réalisant les conditions de fonctionnement les plus parfaites. Placé sous les ordres du ministre de la guerre et du général* Albert J. Myer, *le* Signal Service *a rapidement centralisé des séries d'observations d'un type bien uniforme et d'une grande exactitude. De semblables conditions permettent de baser, sur la discussion de ces documents, des comparaisons dont la science pourra profiter.*

M. le professeur E. Loomis *a jugé, avec raison, qu'un pareil ensemble d'observations devait conduire à des résultats intéressants. Il en a entrepris l'étude, dont nous allons essayer de résumer les conclusions les plus essentielles.*

L'attention de l'auteur s'est portée sur les documents publiés par le Signal Service, *et, incidemment, sur un certain nombre de publications relatives à la météorologie de l'Europe. La discussion d'un genre déterminé de phénomènes a porté, pour chacun d'eux, sur une ou plusieurs centaines d'observations concordantes, et ce n'est qu'après un travail préliminaire aussi digne de confiance,*

que l'auteur a énoncé les conclusions auxquelles il était parvenu.

Les Mémoires publiés jusqu'à présent sont au nombre de neuf. On y trouvera l'exposé des résultats de la discussion des Cartes du Temps et des observations des États-Unis, de 1872 *à* 1874, *ainsi que d'autres documents, plus spéciaux, publiés en Amérique ou en Europe. Quelques-uns de ces derniers sont de date récente.*

L'auteur n'a pas repris la théorie des travaux et découvertes des fondateurs de la météorologie dynamique, Reid, Redfield, Piddington, Maury, Espy, *etc: Les règles classiques formulées par ces observateurs sont admises par tous les météorologistes, et permettent de suivre exactement la marche des tempêtes, et même d'établir quelques prévisions générales, bien que ce soit entre des limites assez restreintes. Mais, s'il est vrai que les grandes lignes de la science météorologique sont aujourd'hui déterminées, il est juste de dire aussi que la discussion de centaines d'observations de tempêtes est appelée à fournir de nouvelles indications sur leurs diverses particularités. C'est ce que la publication des Mémoires de M. E. Loomis permettra de vérifier nettement.*

Il est à souhaiter que des études semblables soient entreprises en Europe, pour les tempêtes de notre continent. Ces études offriraient une grande utilité pratique, parce qu'elles résoudraient, entre autres questions, celle de savoir à quel point l'Europe est soumise à l'influence des tempêtes originaires d'Amérique. On en trouvera des exemples dans la suite de ce travail, mais il n'a encore été signalé que des cas tout isolés (pages 77, 173 *et suivantes).*

L'auteur établit et discute avec soin le cours des tempêtes sur le territoire des États-Unis (pp. 2, 41, 100, 159, *etc.); les modifications que les tempêtes éprouvent sous l'influence de la pluie (pp.* 5, 47, 97, *etc.); du vent (pp.* 8, 12, 38, *etc.); de la température (pp.* 29, 53, 60, *etc.); de la pression (p.* 11, *etc.).*

Les tempêtes sont caractérisées, en général, par une dépression du baromètre à leur centre. Mais il existe aussi des zones de haute pression, nommées quelquefois anti-cyclones, *par opposition aux premières.* M. E. Loomis *en a fait également une étude suivie, et il a indiqué le mouvement général de ces zones (p.* 59), *leur forme (pp.* 94, 196); *leur influence sur le mouvement d'une tempête (pp.* 28, 49, *etc.); l'abaissement de température que l'on y observe fréquemment (pp.* 29, 31, 60, *etc.); la direction du vent à leur in-*

térieur (p. 23, etc.); et, incidemment, un grand nombre d'autres particularités.

Des questions importantes sur lesquelles il fallait absolument être fixé, ont été discutées à diverses reprises dans le cours de ce travail. Ainsi, l'influence présumée de la pluie sur la formation et le mouvement des tempêtes, a été étudiée dans les I^er^, III^e^, IV^e^ Mémoires, et ce n'est qu'après une discussion aussi attentive, que l'auteur a enfin réussi à formuler cette importante conclusion, énoncée dans le VII^e^ Mémoire: la pluie n'est pas essentielle à la formation des zones de basse pression, et elle n'est pas la cause principale de leur formation ni de leur translation (*p.* 153).

Ainsi se trouve renversée la théorie du Rain motor, *c'est-à-dire du pouvoir moteur de la pluie. Nos lecteurs pourront consulter, à ce sujet, l'article que* M. Faye *a publié dans les* Comptes-Rendus (*séance du* 18 *mars* 1878).

Diverses particularités observées dans les tempêtes se trouvent également signalées dans les Mémoires de M. E. Loomis. *Une des plus curieuses est la corrélation entre la marche du baromètre et la marche inverse du thermomètre.*

L'auteur étudie de même, des périodes météorologiques dignes d'attention. Parmi les plus remarquables, nous signalerons les suivantes :

Minima mensuels de température à New-Haven (*pp.* 29 *à* 34).

Tempête du 6 *au* 8 *janvier* 1874 (*pp.* 34 *à* 38).

Tempête du 15 *janvier* 1875, *à Denver (Colorado)* (*pp.* 56 *à* 58).

Tempêtes du 29 *janvier au* 8 *février* 1870, *sur l'Océan Atlantique* (*p.* 77).

Période de chaleur extraordinaire en juin 1873 (*pp.* 105 *à* 117).

Étude spéciale de la période du 19 *au* 23 *octobre* 1873 (*pp.* 135 *à* 137).

Tempête du 30 *décembre* 1874 *au* 18 *janvier* 1875 (*pp.* 174 *à* 178).

Régime des vents violents à Indianola (*pp.* 182 *à* 185).

Pour la plupart de ces périodes, il a été dressé des cartes ou des gravures qui permettent de mieux saisir, dans leur ensemble, les phénomènes dont on a donné la description.

M. E. Loomis *a étudié très attentivement tout ce qui se rapporte au mouvement et à la distribution des zones de pluie. Cette discussion occupe une grande partie des VI^e^ et VII^e^ Mémoires.*

Dans le cours de ce travail, l'auteur est arrivé à certaines rela-

tions, appuyées sur assez de preuves pour pouvoir être considérées comme des lois physiques.

Une discussion des températures de 1823 *à* 1837 *a conduit à une conclusion importante. Cette période, dit* M. E. Loomis (*p.* 92), *paraît assez longue pour permettre d'établir une loi, et je crois que nous pouvons conclure que, lorsque la température d'Islande est beaucoup au-dessus de la moyenne, la température de l'Europe centrale tombe généralement au-dessous de la moyenne, et que cette influence est bien plus appréciable durant les mois les plus froids de l'année. Cette conclusion, énoncée dans le V^e^ Mémoire, est appuyée de nouvelles preuves à la fin du IX^e^, et confirmée par les observations de températures, depuis* 1823 *jusqu'en* 1871.

Le VII^e^ Mémoire se termine par des conclusions générales. Au nombre des plus intéressantes, nous avons à signaler les suivantes :

La dépression du baromètre, au centre des tempêtes, est une conséquence de la force centrifuge développée par la rotation rapide du vent. Elle dépend aussi de l'étendue géographique de la zone.

Dans l'Amérique septentrionale, les centres des grandes tempêtes se trouvent généralement au nord du 40^e^ *parallèle.*

L'inégalité de température, l'inégale proportion de vapeur d'eau, et l'inégalité de pression, constituent les trois causes qui peuvent produire un mouvement général de l'atmosphère vers une zone centrale. L'effet de la dernière est le plus accentué; celui des deux autres exige, pour sa constatation, une observation très attentive.

La pluie est plutôt un incident du mouvement cycloïdal de l'atmosphère que la cause première de la dépression barométrique.

Il se pourrait, ajoute l'auteur, que ces généralités ne présentassent aucun résultat scientifique original ou nouveau, mais quelques-unes d'entre elles sont discutées par des météorologistes qui ont prêté une grande attention à ces études.

Qu'il nous soit donc permis d'espérer qu'elles contribueront au progrès de la science, et au succès des recherches que poursuivent, depuis le commencement de ce siècle, les météorologistes de toutes les nations.

EXPLICATION DES PLANCHES

Les diverses planches de l'édition anglaise ayant été conservées, il paraît utile de donner, pour chacune d'elles, une courte explication.

Ier Mémoire. — Deux planches portant pour titres *Plate I* et *Plate II*, teintées de hachures noires.

Pl. I. Carte indiquant le cours de la tempête du 19 au 21 septembre 1872. Trois positions successives de l'isobare de 29p80 (756.9) correspondent aux journées des 19, 20 et 21 septembre 1872. Voir le texte (pp. 19-20).

Pl. 2. Carte indiquant le cours de la tempête du 22 au 25 septembre 1872. Voir le texte (pp. 20-21). Cette dépression barométrique, plus profonde, a suivi presque exactement la trace de la précédente. On peut reconnaître les positions successives de l'isobare de 29p70 (754.4) correspondant aux journées des 22, 23, 24 et 25 septembre 1872.

IIe Mémoire. — Une seule carte portant pour titre *Plate III*, et dessinée simplement au trait.

Voir le texte (pp. 34-35-36). Cette carte représente les observations relatives à la tempête du 6 au 8 janvier 1874, et, en particulier, les courbes d'égal abaissement de température, par intervalles de 20° F (11°1), 15° F (8°3), 10° F (5°6). La courbe 0° réunit les points ayant la température moyenne de janvier.

Une courbe en trait plein, passant près de Pittsburgh et de Pensacola, indique la direction suivie par le centre de la tempête.

IIIe Mémoire. — Une seule carte portant pour titre : *Plate IV*, et dessinée simplement au trait.

Voir le texte (pp. 52-53). La carte représente les isobares de la tempête du 29 mars 1873. Voici les pressions indiquées :

29p40 — 746.8
29 50 — 749.3
29 60 — 751.8
29 70 — 754.4
29 80 — 756.9

IV^e^ MÉMOIRE. — Une seule carte portant pour titre *Plate V*, et dessinée simplement au trait.

Voir le texte pp. 77-78-79. Cette carte, ou plutôt ce planisphère, représente les trajectoires des tempêtes du 29 janvier au 8 février 1870 à travers le Continent américain et l'Océan Atlantique. Les isobares se rapportent aux pressions de 29^p^0 (736.6) et de 29^p^50 (749.3). Au N et au S se trouvent deux lignes ponctuées qui désignent les régions sur lesquelles la pression fut minimum ou maximum.

V^e^ MÉMOIRE. — Deux planches portant pour titres *Plate VI* et *Plate VII*, teintées de hachures noires.

Voir le texte (pp. 83 à 90). Une grande partie de ce Mémoire est consacrée à la description de la période de froid en décembre 1872, et les deux cartes représentent, pour la journée du 24 en particulier, les courbes isobares et les courbes thermiques isabnormales. L'intervalle des isobares est de 0^p^1 (2^mm^5), et celui des courbes thermiques, de 5°F (2°8). Ces dernières indiquent de combien la température, en chaque localité, fut au-dessus ou au-dessous de la moyenne, depuis 10° F (5°6) au-dessus, jusqu'à 40° F (22°2) au-dessous.

VI^e^ MÉMOIRE.— Trois cartes teintées, portant pour titres: *Plate VIII*, *Plate IX* et *Plate X*.

Les deux premières se rapportent à la description de la période de chaleur extraordinaire en juin 1873, dont l'étude fait, dans ce Mémoire, l'objet d'un examen détaillé.

L'une d'elles représente les courbes thermiques isabnormales du 18 juin 1873 à 4^h^35^m^ du soir, par intervalles de 5° F (2°8). On reconnaît, à l'examen de cette carte, que sur presque toute l'étendue des États-Unis, la température a été supérieure à la moyenne du mois.

L'autre carte indique les courbes isobares au même instant que la précédente. La plus basse pression s'observait à Breckenridge (29^p^30 ou 744.2); la plus haute, sur la Floride (30^p^0 ou 762.0), et à Portland, Oregon (30^p^10 ou 764.5).

La troisième carte du Mémoire indique deux séries de courbes isohyétales (ou d'égale quantité de pluie tombée). Celles du 10 juin 1873 répondent au n° 29 du tableau de la p. 118. La station de Memphis, sur le Mississippi, occupe à peu près le centre de cette série de courbes. La courbe extérieure, intitulée *no rain*, limite la zone en dehors de laquelle il n'est pas tombé de pluie. Les deux autres courbes limitent les zones où l'on a recueilli respectivement un pouce *(one inch)*, ou 25^mm^4

de pluie, et deux pouces *(two inches)* (50^{mm}8) de pluie au moins. Voir le texte (p. 122).

L'autre moitié de la planche X représente des courbes semblables pour le 23 septembre 1872, autour de Grand-Haven et de Milwaukee, sur le lac Michigan. Cet exemple correspond au n° 1 du tableau de la p. 124. Voir le texte (p. 128).

VII^{e} Mémoire. — Trois cartes teintées portant pour titres *Plate XI*, *Plate XII* et *Plate XIII*.

La première indique les courbes isohyétales pour le 20 octobre 1873, à 7^{h}35^{m} du matin. Voir le texte (p. 137).

Une courbe partant de l'E de la Floride et aboutissant au Lac Supérieur, indique la trajectoire du centre de la tempête du 19 au 22 octobre.

La deuxième carte représente les zones de pluie, à la date du 27 juillet 1873, à 4^{h}35^{m} du soir. Voir le texte (pp. 142-143).

La troisième carte indique les courbes isobares du 19 au 21 octobre 1872. Voir le texte (pp. 152-153).

Les courbes dessinées se rapportent aux pressions de 29^{p}60 (751.8) et de 29^{p}80 (756.9).

VIII^{e} Mémoire. — Deux cartes teintées portant pour titres *Plate XIV* et *Plate XV*.

La première représente le parcours de la tempête du 5 au 18 mars 1874, à travers le Continent américain et l'Océan Atlantique, depuis Terre-Neuve jusqu'au Cap Nord. Voir le texte (pp. 171-172-173). Les isobares isolées se rapportent aux pressions suivantes :

5 et 6	mars	29^{p}60	— 751.8
7 et 8	—	29 50	— 749.3
9	mars	29 33	— 745.0
12	—	28 94	— 735.1
15	—	29 53	— 750.1
16	—	29 13	— 739.9
17 et 18	mars	28 94	— 735.1

La deuxième carte indique la trajectoire extrêmement irrégulière, suivie par la violente tempête du 30 décembre 1874 au 20 janvier 1875, et, en particulier, les isobares à la date du 12 janvier 1875. L'isobare de 28^{p}0 (711.2) occupe le centre de la dépression. Les autres courbes se succèdent par intervalles d'un demi-pouce (12^{mm}7) et représentent

les isobares de 28ᵖ50 (723.9), 29ᵖ00 (736.6), 29ᵖ50 (749.3) et 30ᵖ00 (762.0).

Voir, pour plus de détails, la description donnée (pp. 174-175-176 et 177).

IXᵉ Mémoire. — Trois planches, portant pour titres *Plate I*, *Plate II*, *Plate III*.

Les deux premières représentent les oscillations et variations barométriques observées aux dates suivantes :

Pl. I. { Du 31 janvier au 4 février 1873 ; Du 22 au 27 février 1873 ; Du 9 au 14 avril 1874.

Pl. II. { Du 7 au 11 février 1873 ; Du 3 au 8 mars 1873 ; Du 15 au 19 février 1874.

Voir le texte (p. 194).

Enfin, la troisième planche indique, sur une carte teintée, les isobares à la date du 12 avril 1874 à 7ʰ35ᵐ du matin, sur le territoire des États-Unis.

On peut remarquer la faible distance qui sépare les deux centres de dépression de 29ᵖ5 (749.3) dans l'intervalle desquels se trouve une zone de haute pression, dont le centre était situé à Alpena (30ᵖ66 ou 778.8). Voir le texte (p. 204).

CONVERSION

DES

MESURES ANGLAISES EN MESURES FRANÇAISES

Les publications météorologiques anglaises et américaines renferment déjà quelques données évaluées à la fois en mesures anglaises et en mesures françaises. La nécessité d'un système uniforme de mesures a été comprise depuis longtemps, et les congrès météorologiques ont exprimé le vœu d'une prompte adoption du système métrique. Mais, jusqu'alors, les tentatives n'ont pas abouti à ce résultat si vivement désirable. En attendant que cette utile réforme soit réalisée, il faudra prendre la peine d'effectuer la conversion des mesures.

Cette conversion a été généralement opérée pour la présente traduction. Il n'a été fait d'exception que pour les distances, dont l'expression en milles anglais a été conservée, parce qu'elle ne s'éloigne pas beaucoup de la valeur de l'unité de distance employée par les marins.

Les principales mesures ont été réduites en se basant sur les comparaisons suivantes :

Pouce (*Inch*)	$25^{mm}4$
Pied (*Foot*)	$204^{mm}4$
Mille (*Mile*)	$1609^{m}3$

La réduction des degrés Fahrenheit en degrés centigrades est plus compliquée. Une température de

$$\text{N degrés Fahrenheit} = \frac{5(N-32)}{9} \text{ degrés centigrades.}$$

S'il s'agit d'intervalles ou de différences en degrés Fahrenheit, on a une variation de N degrés Fahrenheit $= N \times 0.555$ degrés centigrades. Quant aux degrés Réaumur, très-peu employés aujourd'hui, il suffit de rappeler que la graduation $0° - 80°$ R équivaut à celle de $0° - 100°$ du thermomètre centigrade.

Nos lecteurs pourront reconnaître l'inconvénient qui résulte de ces conversions de mesures d'un système à l'autre. Beaucoup de pressions barométriques ont été indiquées avec des centièmes de millimètre, alors que des dixièmes auraient largement suffi. Nous avons voulu respecter ainsi la notation des pressions, indiquées dans le texte en centièmes de pouces.

Quant aux températures, nous avons cru devoir rejeter systématiquement les centièmes de degré, acceptables tout au plus pour des moyennes.

Dans le texte original, un très-grand nombre de températures étaient indiquées en degrés Fahrenheit seulement.

MÉMOIRES

DE

MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE

PREMIER MÉMOIRE

Présenté à l'Académie nationale des sciences de Washington, le 24 avril 1874.

(Extrait du *Journal américain des Sciences et des Arts*. Vol. VIII, juillet 1874.)

Résultats de la discussion des Cartes du temps des États-Unis pour 1872 et 1873.

MÉTHODE SUIVIE POUR LA DISCUSSION DES CARTES DU TEMPS.

Je dois à l'obligeance de M. le général de brigade Albert-J. Myer, chef du Corps des Signaux de l'armée des États-Unis, la communication de la *Carte* quotidienne *du temps,* pour 7 heures 1/2 du matin, depuis le mois de janvier 1872. J'ai entrepris la discussion des séries de ces *Cartes* pour les années 1872 et 1873, afin d'en tirer des renseignements relatifs aux lois des tempêtes.

Pour faciliter cette discussion, j'ai fait graver et tirer à un très-grand nombre d'exemplaires, une carte d'étude des États-Unis, exactement sur le modèle des *Cartes du temps.* J'ai dessiné, sur une de ces cartes, les routes suivies par les tempêtes du mois de janvier pour ces deux années, chaque fois que le centre de dépression pouvait être suffisamment déterminé pour deux jours de suite. De même, j'ai dessiné sur une seconde carte les routes suivies par les tempêtes pendant le mois de février, et ainsi successivement pour chaque mois de l'année. Ces cartes indiquaient, dans leur ensemble, les trajectoires des tempêtes pour 314 jours, total répondant à ces deux années d'observation.

J'ai réduit ensuite tous ces résultats en tableau, en mesurant à l'aide d'un rapporteur, la direction de chaque trajectoire comparée à un méridien, et à l'aide d'une échelle en pouces,

l'avancement quotidien de la tempête. Ce tableau indiquait la date de chaque bourrasque, et, en même temps, la vitesse de sa marche et la direction de son cours, ainsi que la variété de diverses circonstances qui pouvaient être supposées avoir quelque rapport avec les précédentes, comme, par exemple, la hauteur du baromètre au centre de la tempête ; le chiffre de la baisse barométrique durant les 24 heures précédentes ; celui de la hausse barométrique durant les 24 heures suivantes ; la variation de la pression, en 24 heures, au centre de la tempête, etc.

DIRECTION ET VITESSE MOYENNES DES TEMPÊTES.

Le tableau suivant indique la direction et la vitesse moyennes des tempêtes pour chaque mois de l'année, déduites des 314 cas observés :

Mois de l'année.	Direction de la tempête.	Vitesse en milles, à l'heure.
Janvier	N 85° E	28.5
Février	N 76° E	31.0
Mars	N 79° E	30.8
Avril	N 74° E	25.6
Mai	N 78° E	24.2
Juin	N 93° E	21.2
Juillet	N 102° E	24.4
Août	N 85° E	17.7
Septembre	N 78° E	22.8
Octobre	N 69° E	24.4
Novembre	N 80° E	28.3
Décembre	N 84° E	27.6
Moyenne annuelle	N 82° E	25.6

Ainsi, la direction moyenne de la trajectoire, durant ces deux années, a été celle de N 82° E, c'est-à-dire une ligne EW inclinée à l'E de 8° vers le N ; quant à la vitesse moyenne, elle a été de 25,6 milles à l'heure. Cependant, il faut noter aussi une variation notable, affectant à la fois la direction et la vitesse, selon la saison de l'année. Ainsi, le cours des tempêtes est plus au S en été et un peu moins au N en hiver qu'au prin-

temps ou en automne. C'est en juillet que la trajectoire est le plus au S, et en octobre le plus au N; la différence moyenne entre ces deux mois s'élève à 33°. La vitesse de parcours est la plus grande en hiver et la plus petite en été. Elle atteint son maximum en février, son minimum en août, et la plus grande dépasse la plus petite de 75 p. 100.

Certaines tempêtes exceptionnelles présentent des écarts beaucoup plus grands dans leur direction et leur vitesse. Ainsi, une tempête observée le 20 octobre 1873 a suivi la direction N 44° W, et dans une autre circonstance, la tempête du 25 octobre 1872 a marché droit au N. Dix fois, la direction a été de plus de 60° du N à l'E; trois fois, de plus de 60° du S à l'E. Dans un seul cas, elle a été de 70° du S vers l'E, ce qui offre l'exemple d'un écart de plus de 180° dans la direction de la trajectoire.

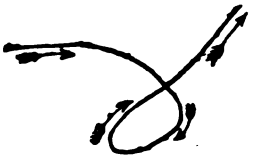
La diversité est encore plus grande en ce qui se rapporte à la vitesse de parcours de tempêtes particulières. Dans certains cas, le centre de la tempête est demeuré sensiblement stationnaire pendant 24 heures; mais, plus rarement aussi, tandis qu'on a noté quatre fois un parcours de plus de 1200 milles en 24 heures, on a observé dans un seul cas, le 15 mai 1873, une vitesse moyenne en 24 heures qui atteignait jusqu'à 57,5 milles à l'heure. Ainsi, *la vitesse de parcours peut varier de zéro à* 57,5 *milles à l'heure.*

Ces nombres ont été déduits d'observations faites à des intervalles de 24 heures. Par suite, ils représentent, non pas la marche des tempêtes d'une heure à l'autre, mais leur parcours moyen en 24 heures. Les observations centralisées sous la direction du chef du Corps des Signaux sont faites trois fois par jour, et permettent de déterminer le déplacement du centre de la tempête pour chaque période de huit heures. Une étude de ces observations ferait reconnaître, dans la direction comme dans la vitesse de parcours des tempêtes, des variations beaucoup plus grandes que celles que nous venons d'indiquer. On en trouvera quelques-unes dans le *Rapport annuel du chef du Corps des Signaux* pour 1873. Le 6 avril 1873, le centre d'une

tempête observée près du Mississippi, par 40° de latitude, se dirigea suivant la courbe supérieure de la figure I ci-dessous ;

FIG. I.

6 Avril 1873



17 Avril 1873

le 17 avril 1873, il se dirigea, près de Chicago, suivant la courbe inférieure. Dans le dernier cas, la direction suivie tourna de 360° en un peu plus de 24 heures, et dans les deux cas, le mouvement propre du centre fut dirigé vers l'O pendant quelques heures, à raison de 10 à 15 milles à l'heure. Si donc on devait en déduire le mouvement du centre de la tempête d'une heure à l'autre, nous trouverions que la trajectoire peut avoir toutes les directions possibles, et que la vitesse peut varier de 15 milles à l'heure vers l'O, à 60 milles à l'heure vers l'E.

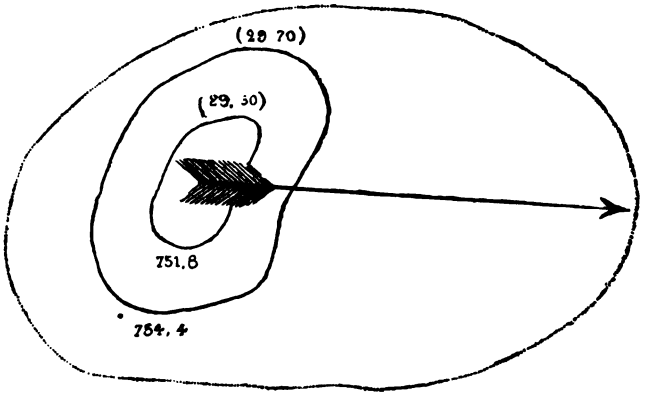
Il devient ainsi manifeste que l'irrégularité dans la direction et la vitesse de parcours des tempêtes est si grande, que la connaissance de leurs valeurs moyennes ne saurait donner un moyen certain de prédire la marche des tempêtes d'un jour à l'autre. C'est pourquoi j'ai tâché de déterminer les causes perturbatrices les plus importantes qui affectaient la vitesse et la direction du mouvement des tempêtes. C'est dans ce but que j'ai réduit en tableaux presque tous les renseignements donnés

par les *Cartes du temps,* après quoi je les ai comparés avec la vitesse et la direction des tempêtes.

INFLUENCE DE LA PLUIE SUR LA MARCHE DES TEMPÊTES.

La chute de la pluie est une circonstance qui parait avoir une influence marquée sur le mouvement d'une tempête. Chaque forte dépression du baromètre est suivie de pluie, et la zone de pluie s'étend généralement plus loin vers l'E du centre de la tempête que vers la région W. La figure II représente une partie de la région couverte par la tempête qui sévit, le 25 avril 1874, près de la côte de l'Atlantique, sur les États-Unis.

FIG. II.



La plus petite ovale de gauche représente la courbe isobare de 29ₚ60 (751.80); l'ovale qui l'entoure immédiatement, la courbe isobare de 29ₚ70 (754.35); le centre de la tempête se trouvait près du centre de ces deux ovales. La troisième et plus grande ligne représente les limites de la région de la pluie, déterminée aussi bien que possible à l'aide des observations du *Signal Service*. Le centre de la tempête avançait dans la direction de la longue flèche. On peut observer que la courbe de pluie s'étend de tous côtés autour du centre de la tempête, mais en s'allongeant davantage vers la région E. Cette même courbe est généralement exacte pour les tempêtes qui traversent les États-Unis.

RELATION ENTRE L'ÉTENDUE DE LA COURBE DE PLUIE ET LA VITESSE DE PARCOURS DE LA TEMPÊTE.

Afin de déterminer s'il existe une relation entre l'étendue de cette courbe de pluie et la vitesse de parcours de la tempête, j'ai noté la pluie dans chaque station pour les huit heures précédentes, d'après chacune des Cartes du temps sur lesquelles la trajectoire du centre de la tempête pouvait être exactement dessinée pendant les 24 heures suivantes; en outre, j'ai mesuré sur la carte la distance à laquelle s'étendait la courbe de pluie vers l'E et à partir du centre de la tempête. L'ensemble des trajectoires a été ensuite divisé en quatre parties égales, suivant que la rapidité de marche de la tempête était très-grande, un peu moindre, moyenne ou très-petite. Voici les chiffres moyens déduits de la discussion de 152 cas, nombre total de ceux pour lesquels il fut possible de tirer des Cartes du temps les observations nécessaires :

Vitesse en milles à l'heure.	Étendue de la courbe de pluie en milles.
38,8	590
28,5	548
21,6	503
14,5	365

Ces nombres indiquent très-clairement que, d'ordinaire, lorsque la tempête s'avance le plus rapidement, la courbe de pluie s'étend plus loin que de coutume à l'E du centre de la tempête, et que la vitesse de parcours paraît s'accroître plus vite que ne s'étend la courbe de pluie. L'étendue de celle-ci vers l'E, à partir du centre de la tempête, est de 500 milles en moyenne. Lorsque la courbe de pluie s'étend à plus de 500 milles vers l'E, la tempête avance avec une vitesse supérieure à la moyenne, mais lorsque la courbe de pluie s'étend à moins de 500 milles, la tempête avance avec une vitesse inférieure à la moyenne. Si l'on restreint la comparaison aux deux catégories qui correspondent à la plus grande vitesse et à la plus petite, on est amené à conclure que, si la portée de la courbe de pluie vers l'E est

supérieure de 100 milles à celle de la moyenne, la vitesse horaire de parcours de la tempête s'accroît de 14,9 milles ; mais, si la portée de la courbe de pluie est inférieure de 100 milles à celle de la moyenne, la vitesse horaire de parcours de la tempête diminue de 8,1 milles.

INFLUENCE DE LA COURBE DE PLUIE SUR LA DIRECTION DU MOUVEMENT DE LA TEMPÊTE.

Afin de déterminer l'influence de la courbe de pluie sur la direction du mouvement de la tempête, j'ai essayé d'évaluer, non-seulement les limites de cette courbe, mais aussi la direction dans laquelle elle s'étendait le plus. La courbe de pluie est généralement de forme ovale, comme le montre la figure précédente. (*Fig. II.*)

J'ai tracé une ligne qui divisait la surface de chaque courbe en deux parties équivalentes, de manière qu'elle représentât le plus grand axe de l'ovale, dont la situation fut mesurée au rapporteur. Je séparai alors les observations dans lesquelles la direction de la tempête fut plus au N, de celles où la direction fut plus au S, et je déterminai, dans chaque cas, la position de l'axe de la courbe de pluie. J'ai calculé ensuite la direction moyenne de la trajectoire de la tempête et de l'axe de la courbe de pluie dans chacune de ces catégories, et j'ai obtenu ainsi les résultats suivants :

Parcours de la tempête.	Axe de la courbe de la pluie.
N 40° E	N 53° E
N 116° E	N 118° E

D'après ces nombres, lorsque le parcours de la tempête est plus au N, l'axe de la courbe de pluie est incliné vers la trajectoire de 13° vers le S ; mais, lorsque la trajectoire de la tempête est plus au S, l'inclinaison de ces deux lignes est seulement de 2°. Si l'on observe qu'il existe une différence de 76° entre la direction moyenne des deux catégories de trajectoires, et de 65° dans la direction des axes des courbes de pluie, on peut en conclure que la trajectoire moyenne des tem-

pêtes, en 24 heures, coïncide très-exactement avec la position de l'axe de la courbe de pluie durant les 8 dernières heures. Si la comparaison avait été faite avec la direction des tempêtes pour ces 8 heures, au lieu de 24, il est à présumer que l'accord eût été tout à fait exact.

La relation qui vient d'être indiquée entre la marche des tempêtes et l'étendue de la courbe de pluie ne peut être regardée comme accidentelle, et il n'est pas difficile de découvrir, au moins en partie, l'origine de cette connexion. La chute de la pluie, c'est-à-dire la condensation de la vapeur de l'atmosphère, est généralement accompagnée d'une baisse du baromètre. Suivant la théorie soutenue par feu Espy, lorsque la vapeur atmosphérique se condense, sa chaleur latente se dégage et élève la température de l'air ambiant, où elle détermine une expansion et un écoulement d'air de tous côtés dans les hautes régions de l'atmosphère, ce qui produit une diminution de pression sur la région où s'opère la condensation, et une augmentation de pression sur tous les points qui entourent la zone de pluie.

Quant à la direction des tempêtes vers l'E, elle n'est pas entièrement due à une dérivation résultant de l'influence d'un courant supérieur de l'atmosphère venant de l'O, mais l'influence de la tempête s'étend plus particulièrement vers l'E, par suite de la grande condensation qui s'opère à l'E de la tempête. Ainsi, le baromètre baisse continuellement à l'E de la tempête et s'élève à l'O par suite de l'écoulement d'air froid sur ce côté, comme je vais achever de le démontrer dans le paragraphe suivant.

INFLUENCE DE LA VITESSE DU VENT SUR LA MARCHE DES TEMPÊTES.

Afin de déterminer s'il existe une relation entre la vitesse de progression des tempêtes et la vitesse du vent sur diverses régions des bourrasques, j'ai choisi tous les cas dans lesquels le centre de la tempête était situé de telle manière, que la vitesse du vent fût donnée par un très-grand nombre de stations, tant à l'E qu'à l'O du centre. Je disposai alors deux aiguilles à tri-

coter soudées l'une à l'autre à angle droit, en forme de croix grecque. Puis, plaçant cette croix sur le centre d'une tempête représentée sur une Carte du temps, et alignant les aiguilles vers le NE et le SE, je divisai ainsi l'espace environnant le centre de la tempête en quatre quadrans, répondant aux points cardinaux N, S, E et W qui servaient à les désigner. Je déterminai alors la vitesse moyenne du vent aux divers points d'observation dans les différents quadrans, en y comprenant toutes les stations qui ne pouvaient avoir d'influence sur le centre de la tempête. Je pris, généralement, pour limite de la bourrasque, l'isobare de 29P90 (759.43), mais, parfois, il fallut rejeter les observations faites en des points situés à moins de distance, lorsque ces localités se trouvaient, manifestement, sous l'influence d'un autre centre de dépression. Je ne trouvai que 79 cas utilisables dans cette comparaison. Dans chacun d'eux, la vitesse moyenne du vent fut déterminée pour les quadrans E et W, et généralement aussi, pour le quadran S; mais, dans la majorité des cas, on n'eut pas d'observations pour le quadran N, ou bien le nombre d'observations fut trop faible, pour donner une moyenne susceptible d'entrer en ligne de compte avec les autres. Les nombres suivants indiquent la vitesse moyenne du vent dans les différents quadrans, déduite de ces observations:

Quadrans.

W	S	E	N
10.1	8.8	8.3	7.6

On observera que la vitesse est maximum dans le quadran W. et qu'elle diminue dans les autres quadrans, si l'on fait le tour de la circonférence en partant de l'O et allant du S au N.

On divisa ensuite ces observations en deux catégories comprenant, l'une, les cas dans lesquels la loi de progression de la tempête était supérieure à la moyenne; l'autre, les cas dans lesquels la loi de progression de la tempête était inférieure à la moyenne. Puis on détermina les moyennes, tant pour la vi-

tesse de progression de la tempête, que pour la vitesse du vent à l'E et à l'O de la tempête. Voici les résultats que l'on obtint de cette manière :

Vitesse de la tempête en milles à l'heure.	Vitesse du vent dans le quadran E.	Vitesse du vent dans le quadran W.
32.1	8.8	9.0
18.1	7.8	11.3

Ces nombres démontrent que, si le vent est plus rapide à l'O de la tempête, la vitesse de celle-ci est moindre. La vitesse du vent dans le quadran W dépasse généralement de 22 p. 100 la vitesse dans le quadran E. Lorsque ces deux vitesses de vent sont égales, la vitesse de parcours de la tempête est de 7 milles à l'heure plus grande que la moyenne ; mais, lorsque la vitesse du vent, au quadran W, dépasse celle du cadran E de 44 p. 100, la vitesse de la tempête est de 7 milles à l'heure plus petite que la moyenne.

Quelques personnes ont affirmé qu'un accroissement de vitesse du vent, dans le quadran W de la tempête, pouvait avoir pour conséquence une dérivation plus rapide de celle-ci vers l'E, c'est-à-dire un accroissement de vitesse de la tempête même. Mais nous verrons, dans la suite, que, de chaque côté du centre de la tempête, le vent tourne obliquement, et qu'alors nous pouvons conclure qu'au centre de la tempête, le mouvement de l'air est dirigé vers le haut. C'est ce qui détermine la condensation de la vapeur ainsi que la chute de la pluie. Un accroissement de vitesse du vent dans le quadran W est accompagné d'un accroissement de vitesse dans le mouvement ascensionnel de ce quadran, c'est-à-dire d'un accroissement de condensation de vapeur. Cette condensation de vapeur, devenant plus considérable, tend à faire baisser le baromètre sur le côté W de la tempête, et cette cause peut agir avec assez d'intensité pour entraîner vers l'O le centre de la tempête, comme cela est véritablement arrivé, à diverses reprises, durant les années 1872 et 1873. D'un autre côté, un accroissement dans la vitesse du vent sur le quadran E tend à produire une condensation plus grande sur le côté E du centre de la tempête, c'est-à-dire qu'il

tend à pousser le centre de la tempête plus loin vers l'E, ou à augmenter la vitesse de sa marche.

LA VITESSE DE PROGRESSION D'UNE TEMPÊTE DÉPEND-ELLE DE LA LOI DE BAISSE BAROMÉTRIQUE, SI LA TEMPÊTE APPROCHE, OU DE LA LOI DE HAUSSE BAROMÉTRIQUE, SI LA TEMPÊTE EST DÉJA PASSÉE ?

Afin de répondre à ces questions, j'ai comparé la hauteur du baromètre au centre de la tempête, avec sa hauteur au même point, 24 heures avant ainsi que 24 heures après. J'ai ainsi obtenu la chute du baromètre, 24 heures avant le milieu de la tempête, et sa hausse 24 heures après. Ces nombres ont été inscrits dans le même tableau qui indiquait la vitesse de marche des tempêtes pour chaque mois. Je divisai alors les observations en deux classes, suivant que la vitesse de parcours de la tempête était supérieure ou inférieure à la moyenne. J'arrivai à ce résultat que la chute moyenne du baromètre sur le front de la tempête était à peu près la même dans les deux cas, mais que la hausse moyenne du baromètre, durant 24 heures, à l'arrière de la tempête, était sensiblement plus grande lorsque la vitesse de parcours était aussi la plus grande. Les moyennes pour les deux années démontrent que, si après le passage du centre de la bourrasque, le baromètre s'élève 20 p. 100 plus rapidement que de coutume, le centre de la tempête avance avec une vitesse horaire dépassant la moyenne de 7 milles, mais que, si après la tempête, le baromètre s'élève 20 p. 100 moins rapidement que la moyenne, le centre de la bourrasque avance avec une vitesse horaire diminuée de 7 milles.

La même méthode de comparaison a permis de reconnaître que la vitesse, avec laquelle avance une tempête, est indépendante de la valeur de la dépression barométrique en son centre ; elle ne paraît pas sensiblement modifiée par cette autre circonstance que la pression augmente ou diminue au centre de la tempête. Si, à l'aide des principes qui viennent d'être exposés, on dessine une Carte du temps indiquant la position du centre de la tempête à une heure déterminée, il paraît possible

de définir, avec une certaine probabilité, la position qu'occupera ce centre 24 heures après. Cependant, il faut bien reconnaître que si les principes précédents sont jugés exacts, comme moyenne d'un grand nombre d'observations, on trouve de nombreuses et frappantes exceptions, si l'on essaye d'appliquer ces règles à des cas particuliers. Il est évident que les mouvements de l'atmosphère dépendent d'une grande variété de données, et que toutes les circonstances n'ont pu être mises en ligne dans les études faites jusqu'ici.

RELATION ENTRE LA VITESSE DU VENT ET LA VITESSE DE PARCOURS DE LA TEMPÊTE.

Afin de déterminer la relation entre la vitesse du mouvement d'une tempête et la vitesse du vent dans les différents quadrans, il était important de connaître, non-seulement la vitesse du vent à la surface du globe, mais encore sa vitesse près du centre de la tempête, supposé exister à une altitude d'un à deux milles au moins. Pour évaluer une vitesse approximative, j'ai pris les observations du *Signal Service* pour septembre 1872, publiées complétement en un volume distinct, et j'ai déterminé la vitesse moyenne du vent au sommet du Mont Washington, ainsi que dans trois stations très-voisines, à peu près au niveau de la mer : Burlington (Vt.), Montreal (Can.) et Portland (Me.). La moyenne trouvée pour Mont Washington a été de 29 milles à l'heure, et de 5,3 milles pour les trois autres stations. Ainsi, le rapport de la vitesse du vent au niveau de la mer à celle au sommet du Mont Washington était celui de 1 à 5,5. Quant à la vitesse moyenne du vent aux stations à la surface du globe pour les divers quadrans de la tempête, on a trouvé 10,1, 8,8, 8,3 et 7,6 milles à l'heure, comme nous l'avons vu précédemment. Ainsi la vitesse à l'altitude de 6,000 pieds (1,824^{m}), pouvait être évaluée à 55,5, 48,4, 45,6 et 41,8 milles.

Nous nous sommes proposé ensuite de déterminer la direction moyenne du vent dans les divers quadrans. A cet effet, chaque

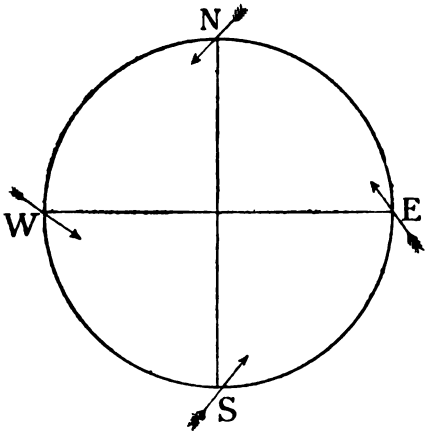
Carte du temps indiquant un centre de bourrasque a été divisée en quatre quadrans, au moyen de deux diagonales dirigées, l'une vers le NW, l'autre vers le SW. Alors, commençant par le quadran W, je comptai le nombre de stations dans lesquelles on signalait le vent du N; pareillement, le nombre d'observations de vent de NW, d'O, de SW, etc., et de même pour chacun des quatre quadrans. La même opération fut faite avec chacune des Cartes du temps qui fournissaient un exemple de nature à entrer en ligne de compte. Pour déterminer les limites de chaque tempête, je suivis la même règle que celle que j'avais déjà adoptée pour déterminer les vitesses du vent. La table suivante indique les directions résultantes ainsi que les vitesses, déjà données, pour l'altitude de 6,000 pieds.

Quadrans.

	W	S	E	N
Vitesse du vent.	55,5	48,4	45,6	41,8
Direction du vent.	N 58° 48' W	S 40° 25' W	S 32° 6' E	N 42° 35' E

Afin de rendre sensible à l'œil la signification de ces résultats, j'ai construit la figure III ci-dessous, sur laquelle les quatre

FIG. III.



flèches indiquent la direction moyenne du vent dans chacun des quadrans, en même temps que les longueurs des flèches représentent les vitesses proportionnelles de ces différents vents. On

aperçoit immédiatement la tendance marquée du vent à se diriger intérieurement vers le centre de la tempête. Le tableau suivant indique l'inclinaison des vents respectifs sur la tangente à la circonférence. Il démontre combien la direction moyenne du vent s'éloigne de celle qu'il aurait, s'il tournait circulairement autour du centre de la tempête :

Quadrans.

	W	S	E	N
Inclinaisons.	58° 48'	49° 35'	32° 6'	47° 27'

Ainsi, l'écart moyen de la direction tangentielle dépasse 45°. Ces nombres indiquent combien était erronée la théorie de M. Redfield sur les tempêtes, lorsqu'il l'appliquait aux bourrasques ordinaires des États-Unis. M. Espy paraîtrait s'être rapproché davantage de la vérité, lorsqu'il admet pour le vent un mouvement centripète et un mouvement de rotation entièrement déterminé, qui doit nécessairement résulter d'un mouvement général de l'atmosphère, de tous côtés vers la région du centre. Il est clair que le mouvement centripète est le mouvement original, et que la rotation est une conséquence du mouvement vers l'intérieur. Il n'y a pas besoin de chercher de raisons pour prouver que si le vent souffle de tous les points vers l'intérieur, tout autour d'une région centrale, comme le montre la dernière figure, il se produit en ce point une rapide accumulation d'air, qui ne peut trouver d'issue que par un mouvement vers l'extérieur; d'où il doit résulter un violent mouvement de l'air vers l'extérieur, dans le voisinage du centre de la bourrasque. Comme cet air s'élève, il arrive à une région plus froide en raison de l'altitude et alors sa vapeur se condense, de manière que la comparaison directe des observations nous conduit à un résultat qui nous donne une explication de la cause de la pluie.

Si nous considérons la portion réduite du vent qui, dans le quadran W, souffle dans la même direction que la marche moyenne de la tempête, nous trouvons que sa vitesse est de 43 milles. Mais le déplacement moyen de la tempête est de 25.6

milles seulement; c'est-à-dire qu'à l'altitude de 6,000 pieds et dans le quadran W d'une bourrasque, où le vent souffle dans la même direction que celle que suit la tempête, la vitesse du vent est de 68 p. 100 supérieure à celle du mouvement de la tempête. Cet excès de vitesse du vent donne une mesure de la force du mouvement, dirigé vers en haut, qui se manifeste au centre de la tempête.

A QUELS INDICES ON RECONNAIT QU'UNE TEMPÊTE AUGMENTE OU DIMINUE D'INTENSITÉ.

Afin de déterminer à quels indices on peut reconnaître qu'une tempête augmente ou diminue d'intensité, c'est-à-dire si la pression barométrique diminue ou augmente au centre, j'ai fait la comparaison de presque tous les phénomènes concomitants qui pouvaient être supposés avoir une influence sur le résultat, et j'ai trouvé la règle suivante, qui est presque générale :

Lorsque le baromètre s'élève plus rapidement que de coutume une fois la tempête passée, la pression augmente au centre de celle-ci; mais si, à l'arrivée de la tempête, le baromètre s'élève moins rapidement que la moyenne, la pression diminue au centre, ou, en d'autres termes, la tempête augmente d'intensité.

Une discussion des observations de deux années montre que, si l'élévation du baromètre est supérieure de 22 p. 100 à la moyenne, la pression augmente, au centre de la tempête, d'un demi-pouce (12^{mm}7) en 24 heures, et que, si la hausse du baromètre est inférieure de 22 p. 100 à la moyenne, la pression diminue, au centre de la tempête, d'un demi-pouce en 24 heures. Ainsi, nous voyons qu'une hausse soudaine du baromètre à l'arrière d'une tempête est généralement suivie de deux effets différents : le centre de la tempête avance plus rapidement que d'ordinaire, et la pression diminue en ce point. Parfois un seul de ces effets prédomine, tantôt l'un, tantôt l'autre; mais, en général, si le centre de la tempête avance avec une grande rapidité, la pression diminue en ce point, et s'il demeure presque stationnaire, la pression reste aussi à peu près stationnaire.

La loi de la baisse barométrique en avant de la tempête paraît avoir une très-faible influence sur l'indice d'une augmentation ou d'une diminution de pression au centre.

La moyenne de deux années d'observations montre que, si les vents sont beaucoup plus forts à l'E du centre de la tempête qu'à l'O, la pression augmente au centre, mais que la pression diminue en ce point, si le vent est beaucoup plus fort à l'O qu'à l'E. Cette règle est, néanmoins, sujette à de nombreuses exceptions.

FORME DES COURBES ISOBARES.

Afin de déterminer la forme moyenne des courbes isobares et la position de leur plus grand axe, j'ai choisi tous les cas dans lesquels le centre de la bourrasque était nettement indiqué sur les Cartes du temps, et dans lesquels au moins une courbe isobare était dessinée sur plus de la moitié de son périmètre. Le nombre des cas favorables à cette comparaison s'éleva à 203, dans près de la moitié desquels on ne put mesurer qu'un seul des demi-axes. Ce furent généralement les cas dans lesquels le centre de la tempête se trouvait près de la limite N des États-Unis, de sorte que la courbe isobare ne pouvait être achevée au N par suite du manque d'observations. Dans près de la moitié des cas, la courbe isobare choisie pour la mesure fut l'isobare la plus basse indiquée sur les cartes, mais toutes les fois qu'une plus grande courbe était tracée dans la première moitié de son circuit, cette dernière fut choisie de préférence. On traçait alors une ligne pour représenter le grand axe de la courbe, et on en mesurait la longueur, ou simplement la demi-longueur, si la courbe était incomplète.

La longueur de la perpendiculaire menée par le centre de la courbe isobare, à la ligne précédente, fut également mesurée, et la direction du grand axe fut déterminée au moyen d'un rapporteur. Voici les résultats de ces comparaisons :

Dans 55 p. 100 du nombre total des cas, le plus grand axe de l'isobare excédait le petit d'une demi-fois sa longueur. Dans 30 p. 100 de ces cas, le plus grand axe fut plus du double du

petit ; dans 9 p. 100, plus de trois fois le petit axe, et dans 4 p. 100, au moins quatre fois le petit axe.

Ces résultats me semblent dénoter que la force centrifuge, développée par la circulation du vent autour du centre de la tempête, ne peut être la cause principale de la baisse du baromètre ; en d'autres termes, la forme de la tempête devrait être beaucoup plus voisine de la forme circulaire.

Il n'y a aucune régularité dans la direction du plus grand axe des isobares. Le grand axe peut occuper une position quelconque ; cependant, la direction N 40° E se présente assez fréquemment. On peut aisément reconnaître que cette direction est presque identique à celle de la côte d'Atlantique, ainsi que de la chaîne des monts Alleghany, et l'on peut supposer qu'une de ces circonstances, ou que ces deux circonstances à la fois, exercent quelque influence sur la position des lignes isobares. Afin de trancher la question, j'ai divisé les observations en deux classes, par une ligne tracée de Buffalo à Mobile. L'une de ces classes représentait les tempêtes de la vallée du Mississippi, et l'autre, celles de la côte d'Atlantique. J'ai trouvé une identité presque absolue entre ces deux classes. L'inclinaison E de l'axe des tempêtes est aussi nettement déterminée sur la vallée du Mississippi que sur la côte d'Atlantique. On peut donc raisonnablement supposer que non-seulement la forme allongée des tempêtes, mais aussi la direction dominante de leur plus grand axe, dépend beaucoup de causes générales, et nullement de causes locales.

CLASSIFICATION DES TEMPÊTES.

Les tempêtes qui traversent les États-Unis semblent se diviser naturellement en deux classes distinctes, renfermant, la première, les tempêtes qui arrivent du Far West et du NW, dont le centre passe généralement au N du 40^{me} parallèle ; la seconde, les tempêtes qui arrivent du S et du SW, et qui paraissent pour la plupart originaires du Texas ou du golfe du Mexique. Les tempêtes de la seconde catégorie sont, comparativement, peu

fréquentes, et ne forment qu'un sixième à peine du nombre total. Elles sont tout à fait inconnues durant les mois d'été et plus fréquentes en hiver et au printemps. Le plus grand nombre d'entre elles prennent naissance à l'O des montagnes du fleuve Mississippi, et leur cours moyen est N 60° E, c'est-à-dire 22° plus au N que la direction générale des tempêtes, ce qui démontrerait que la direction moyenne des tempêtes de la première catégorie est presque complétement E. La vitesse moyenne de ces tempêtes ne peut différer beaucoup de celle des tempêtes de la première catégorie. Le plus grand nombre des tempêtes de la seconde touche à la côte d'Atlantique avant d'arriver au 40^{me} degré de latitude, puis ensuite leur trajectoire semble être en général très-sensiblement parallèle à la côte.

Le 25 octobre 1872, une de ces tempêtes pénétra dans le continent et avança vers le N, près de Rochester, après s'être déjà tournée vers l'E dans la direction d'Halifax.

Le 19 octobre 1873, une autre tempête, ayant déjà passé non loin du cap May, dévia de sa route au NW, à hauteur de Mackinac, après s'être déjà tournée vers le NE; mais ce sont là de rares exceptions à une règle très-générale. Presque toutes les tempêtes de cette catégorie, comme déjà celles qui abordent l'Atlantique, paraissent avancer vers le NE, dans une direction parallèle au littoral.

Les tempêtes de la seconde catégorie comprennent les violents mouvements qui ont été communément appelés *cyclones*. L'un de ces derniers passa, le 6 octobre 1873, sur Punta Rassa (Floride) où le baromètre tomba, en 14 heures, de 29^{p}96 (761,00) à 28^{p}40 (711,14), après quoi la tempête continua sa course en diminuant graduellement d'intensité, se dirigeant vers le N E, à peu près parallèlement à la côte d'Atlantique.

L'approche des tempêtes de la première catégorie est indiquée sur les cartes du temps par le mot Low (*Bas*) inscrit sur un point à l'O du fleuve Mississippi, au N du 40° parallèle, et en général dans le Minnesota ou le Nebraska. Il arrive souvent de trouver le mot Low sur les cartes de deux ou trois jours consécutifs, occupant presque la même position, ce qui indique, ou

que le centre de la tempête a été presque stationnaire durant les 24 heures, ou que la position précise du centre de la tempête n'a pu être déterminée, et qu'il a fallu se borner à supposer son existence à quelque distance à l'O. Si la tempête a marché assez vers l'E pour qu'on puisse assigner la position exacte de son centre, on remarque facilement, en général, que celui-ci paraît se porter de préférence sur la région des lacs du N. et particulièrement du lac Supérieur et du lac Huron, après quoi la direction moyenne des tempêtes est presque exactement vers l'E.

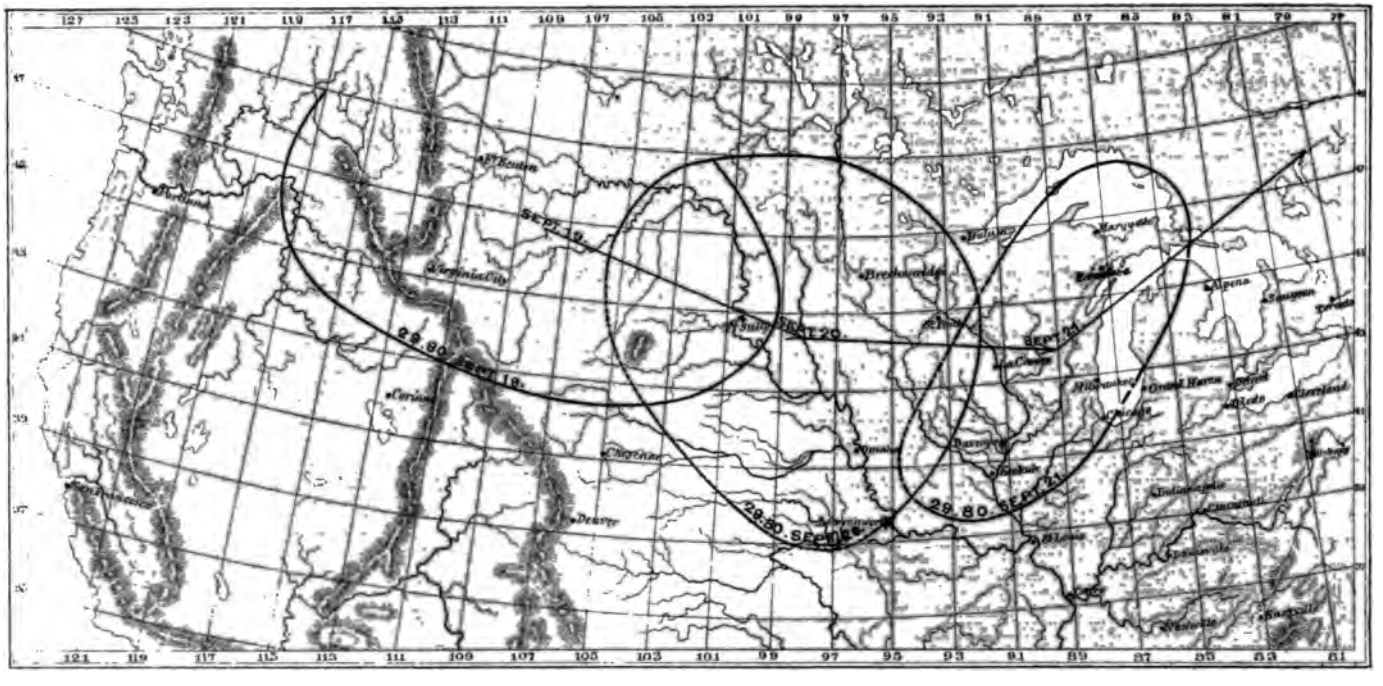
QUELLE PEUT ÊTRE L'ORIGINE DES TEMPÊTES QUI SEMBLENT PROVENIR DU FAR WEST.

Sur les *Cartes du temps* du Service des Signaux des États-Unis, les lignes isobares s'étendent rarement à l'O au-delà du 20^{me} méridien W de Washington. Aussi, à en juger d'après ces Cartes, les trois quarts du nombre total de nos tempêtes paraîtraient originaires du voisinage du Nebraska. Afin de déterminer quel est réellement leur lieu de naissance, j'ai consulté le registre des observations du *Signal Service* pour septembre 1872, et réduit toutes les observations barométriques en courbes, en classant les stations dans l'ordre de succession du leurs longitudes. De la comparaison de ces courbes il ressort que, pendant le mois de septembre 1872, toutes les principales oscillations du baromètre à Portland (Oregon) se retrouvent tracées à Fort Benton, à Virginia City, à Fort Sully et dans chacune des autres stations s'étendant vers l'E, jusqu'au lac Supérieur et au lac Michigan.

Pour rendre ce fait plus saisissable, j'ai considéré quelques cas particuliers et tracé certaines lignes isobares pour une série de jours consécutifs. Une première carte indique l'isobare de 29^{p} 8 (756,9) pour trois jours de suite. Le 19 septembre, une légère baisse barométrique s'observait à Montana, résultant probablement d'une chute de pluie sur diverses montagnes de la contrée. Aucune station du *Signal Service* ne signala de pluie ce jour-là, mais l'état du temps fut noté « menaçant » à Fort Benton et à Corinne et « nuageux » à Virginia City, à Cheyenne,

etc. La première courbe de gauche désigne l'isobare de 29p 8 (756.9) à 7 heures 1/2 du matin, le 19 septembre; la seconde, cette même isobare, à 7 heures 1/2 du matin, le 20 septembre 1872. A cette date, on signala « pluie légère » à Cheyenne, « temps menaçant » à Denver, Omaha et Leavenworth, et « nuageux » à Breckenridge, Fort Sully, Saint-Paul, etc. L'ovale de droite indique l'isobare de 756,9 à 7 heures 1/2 du matin, le 21 septembre. Ce jour-là, un demi-pouce (12mm7) de pluie à Duluth, 2/5 de pouce (10mm1) à Marquette, et pluie sur quelques autres stations voisines du lac Michigan. En deux jours, le centre de ces isobares avait franchi environ 980 milles (1,577 kilom.) vers l'E, marchant ainsi à peu près à raison de 20 milles à l'heure. Le jour suivant, la tempête avança vers le NE et sortit du réseau de nos postes d'observation.

Environ trois jours après, une autre dépression barométrique plus profonde suivit presque exactement la trace de la précédente. Une seconde carte indique l'isobare de 29p 7 (754,4) pendant quatre jours consécutifs. Le 22 septembre, une baisse considérable du baromètre s'observait de l'Oregon au Dakota. A 7 heures 1/2 du matin, l'isobare de 754,4 formait une ovale s'étendant à l'O jusqu'au voisinage de l'océan Pacifique, et à l'E, jusqu'au fleuve Missouri, sur une longueur de 1,100 milles environ. Le même jour, on signala : pluie légère à Portland (Oregon); plus d'un pied de neige, tombée du 22 au 23, à Fort Benton; neige et pluie à Virginia City; ciel nuageux à Corinne, Fort Sully, etc. La seconde ovale indique l'isobare de 754.4 à 7 heures 1/2 du matin, le 23 septembre. Ce jour-là, il tomba de la pluie ou de la neige à Fort Benton, Virginia City, Cheyenne, Fort Sully, Breckenridge et d'autres localités plus à l'E. La troisième ovale indique l'isobare de 754,4, le 24 septembre, à 7 heures 1/2 du matin. Le grand axe de cette ovale, au lieu d'être de l'E à l'O comme les deux jours précédents, était alors dirigé presqu'au NE vers le lac Supérieur. Vers le centre de cette courbe, le baromètre se tenait à 29p 36 (745,74). Le même jour, il tomba plus d'un demi-pouce (12mm7) de pluie à Saint-Louis, Cairo, Davenport et Duluth, et un peu moins ailleurs.


SEPT. 19.
SEPT. 20.
SEPT. 21.
29.80. SEPT. 18.
29.80. SEPT. 21.
29.80. SEPT. 18.

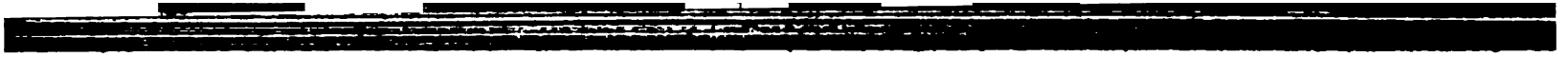
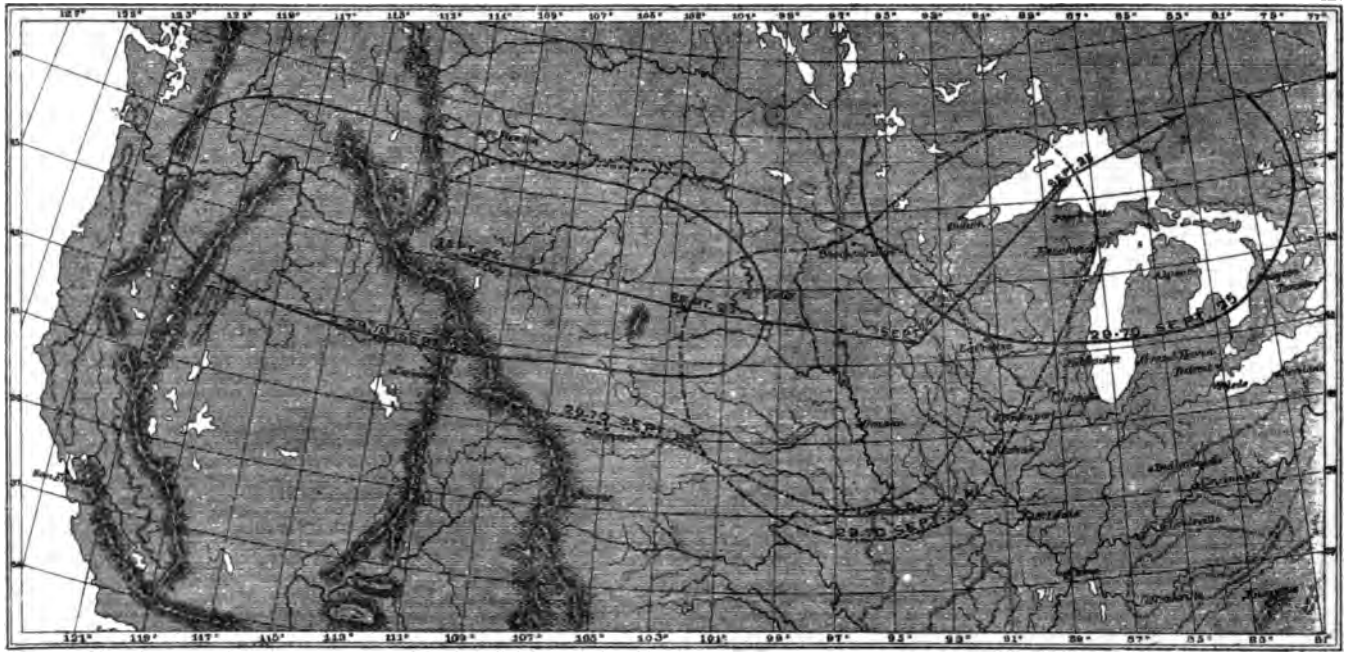


CHART SHOWING THE PROGRESS OF THE STORM OF SEPT. 22-25 1872. PLATE II.



Le 25 septembre au matin, le centre de l'isobare de 29p 7 (754,35) était très-près du milieu du lac Supérieur. Au N, l'isobare s'étendait au-delà du réseau de nos stations météorologiques, de sorte qu'on n'a pu dessiner exactement que la portion méridionale de la courbe. A Duluth, le baromètre se tint à 29p 33 (745,0). Ce jour-là, il tomba beaucoup de pluie à Duluth, Escanaba, Oswego, Kingston, etc. Durant les 24 heures suivantes, le centre de cette tempête demeura sensiblement stationnaire sur le lac Supérieur, mais, le lendemain, il avança vers le NE et s'éloigna de notre réseau. Dans cet intervalle de trois jours, le centre de la tempête avait franchi, vers l'E, près de 1,280 milles (2,060 kilomètres) à raison de 18 milles en moyenne par heure.

Il paraît probable que cette tempête avait pris naissance, ou au moins s'était développée dans une tempête de plus grande intensité, par suite de la rencontre d'une certaine quantité d'air humide, venu de l'océan Pacifique, avec l'air des hautes cimes des montagnes de l'Oregon, d'où résultait une légère chute de pluie ou de neige. Mais le fait, d'un intérêt particulier pour nous, est que cette tempête, une fois constituée, a traversé sans obstacle appréciable toutes les chaînes de montagnes entre l'océan Pacifique et le lac Supérieur. La même circonstance peut être notée dans une tempête du 19 au 22 septembre, ainsi que dans quelques autres tempêtes du même mois. Nous en conclurons donc que les tempêtes qui nous viennent du Nebraska sont quelquefois originaires des montagnes de l'Oregon, et quelquefois aussi de l'océan Pacifique, d'où elles marchent vers l'E en traversant, à l'occasion, tout le continent jusqu'à l'océan Atlantique.

Nota. — Les divers travaux préparatoires décrits dans l'article précédent ont tous été faits sous ma direction, mais la tâche principale a été accomplie par M. Edward S. Cowles, *graduate of Yale College of the class of* 1873.

DEUXIÈME MÉMOIRE

Présenté à l'Académie des sciences de Philadelphie, le 3 novembre 1874.

(Extrait du *Journal américain des Sciences et des Arts*. Vol. IX, janvier 1875).

Résultats de la discussion des Cartes du temps des États-Unis pour 1872 et 1873.

DIRECTION ET VITESSE DU VENT A L'INTÉRIEUR DES ZONES DE PRESSION MAXIMUM.

Afin de déduire des Cartes du temps les lois du mouvement du vent dans une zone de pression maximum, j'ai procédé en substance de la même manière que dans le cas des zones de basses pressions, étudié dans mon premier Mémoire (voir ce Journal, juillet 1874). J'ai choisi tous les cas dans lesquels une zone de pression maximum, ou de baromètre élevé, était située de telle sorte, que la direction et la vitesse du vent fussent données par un nombre considérable de stations pour la moitié, au moins, de la zone entière. Plaçant alors une croix de fil sur une des Cartes du temps, centre de la zone de haute pression, et marquant avec les fils le NE et le SE, je divisai la zone en quatre quadrans, N, E, S et W. Commençant alors par le quadran W, je comptai le nombre de stations où le vent était noté de N, ainsi que le nombre d'observations du vent de NE, d'E, de SE, etc., et de même pour chacun des quatre quadrans. Je notai aussi la vitesse du vent, dans les différents quadrans, observée dans les stations. Je fis de même avec chacune des Cartes du temps qui fournissait un exemple à l'appui de cette comparaison. Le nombre total de cas offerts par les Cartes du temps pour les deux années 1872 et 1873 fut de 188. On rejeta toutes les observations faites près du

point de pression maximum, et généralement faites dans les stations renfermées dans la première isobare. En outre, on n'utilisa pas les observations faites en dehors de l'isobare de 30· 00 (762.0) et jamais celles des stations au delà de l'isobare de 30· 10 (764.5). J'obtins alors, par addition, le nombre total d'observations pour chaque direction du vent dans les divers quadrans, et de ces nombres j'ai déduit la direction moyenne du vent dans chaque quadran. Je déterminai également la vitesse moyenne du vent dans chaque quadran.

Le tableau suivant fait connaître les vitesses et directions obtenues, et j'y ai ajouté une ligne indiquant l'angle que fait la direction du vent avec un rayon aboutissant au centre de plus haute pression.

Haute pression.

Quadrans	W	S	E	N
Vitesse du vent en milles	5.22	6.02	6.48	6.13
Direction du vent	S 63° 0' E	N 29° 55' E	N 36° 59' W	S 59° 15' W
Angle avec le rayon	27° 0'	29° 55'	53° 1'	59° 15'

L'importance de ces résultats ressortira davantage, si nous les rapprochons de ceux qui ont été donnés, dans notre premier Mémoire, pour les zones de basse pression. Ces résultats sont les suivants :

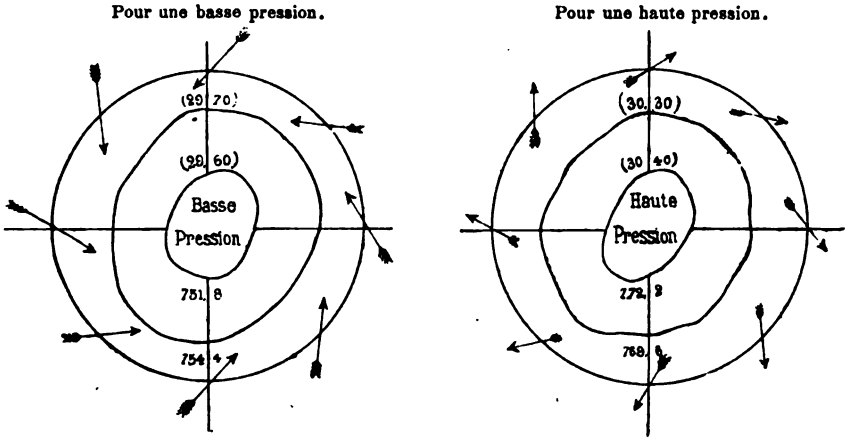
Basse pression.

Quadrans	W	S	E	N
Vitesse du vent en milles	10.1	8.8	8.3	7.6
Direction du vent	N 58° 48' W	S 40° 25' W	S 32° 6' E	N 42° 33' E
Angle avec le rayon	31° 12'	40° 25'	57° 54'	42° 33'

Pour rendre ces résultats plus saisissables à la vue, j'ai construit les deux figures ci-jointes, dans lesquelles les flèches placées aux quatre points cardinaux indiquent la direction moyenne du vent d'après les tableaux précédents, et les quatre flèches intermédiaires, la direction aux points correspondants obtenue par

interpolation des quatre premiers nombres. Les longueurs des flèches sont proportionnelles à la vitesse des différents vents.

N° 1. FIG. IV. N° 2.



Il devient manifeste, au moyen de ces figures, que, dans chaque quadran, la direction du vent, lorsque la pression est élevée, est presque exactement opposée à la direction du vent lorsque la pression est basse. Les différences dans les quadrans respectifs sont indiquées ci-après :

Quadrans.

W	S	E	N
4° 12'	10° 30'	4° 53'	16° 42'

Lorsque le baromètre est élevé, l'angle moyen que fait le vent avec le rayon aboutissant au point de pression maximum est de 42° 18'; lorsque le baromètre est bas, l'angle moyen que fait le vent avec le rayon aboutissant au point de pression minimum est de 43° 1'. Dans chaque cas, par conséquent, la direction du vent est presque exactement bissectrice de l'angle formé par la tangente et le rayon, mais en appuyant quelque peu vers ce dernier.

Afin de déterminer à quelle altitude au-dessus du niveau de la mer s'observe la loi de mouvement donnée dans les précédentes figures, j'ai discuté les observations faites au sommet du Mont Washington, à une altitude de 6,285 pieds (1,917^{m}), en suivant la même méthode que pour les autres stations, et j'ai obtenu les résultats suivants :

Basse pression à Mont-Washington.

Quadrans	W	S	E	N
Vitesse du vent en milles	49	44	37	32
Direction du vent	N 55° 7' W	N 76° 35' W	S 53° 44' W	N 20° 6' E
Baromètre réduit	750.32	751.84	755.90	755.90

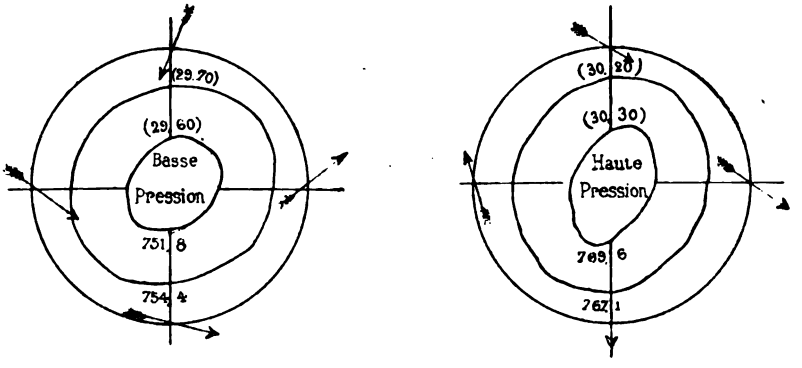
Haute pression à Mont-Washington.

Quadrans	W	S	E	N
Vitesse du vent en milles	32	18	38	32
Direction du vent	S 14° 37' E	N 4° 8' W	N 54° 48' W	N 57° 52' W
Baromètre réduit	769.11	767.33	762.76	764.79

Ces résultats sont représentés par les figures suivantes, dans lesquelles, pour plus de commodité, la force du vent a été marquée à une échelle un quart plus grande que celle des deux figures précédentes.

N° 3. FIG. V. N° 4.

Pour une basse pression. Pour une haute pression.



Le nombre d'observations, dont on a déduit les résultats indiqués sur ces figures, est beaucoup moindre que pour les deux premières, et cela peut expliquer probablement quelques anomalies que l'on doit s'attendre à voir disparaître dans la moyenne d'un grand nombre d'observations.

Un examen attentif de ces figures fait reconnaître que les vents qu'elles indiquent, correspondent assez bien à ceux que l'on obtiendrait pour les vents indiqués sur les premières figures, en

supposant qu'ils soient influencés par un courant supérieur venu du NW. La direction moyenne du vent au sommet du Mont Washington, en 1873, a été de N 76° W. Si nous la regardons comme le vent normal, et si nous considérons les vents indiqués sur les figures 1 et 2 comme des forces perturbatrices entrant en combinaison avec le vent normal, nous obtiendrons, dans six de ces huit cas, une direction très-satisfaisante pour la résultante, si nous construisons un triangle dont deux côtés représentent ces deux forces, et le troisième côté, le vent actuellement observé. Cette construction est en défaut dans deux cas: lorsque le baromètre est bas dans le quadran W, ou haut dans le quadran N; mais une faible variation dans la valeur d'un des angles peut rendre la construction possible. Ces figures montrent que la valeur moyenne de la force perturbatrice est presque égale à celle de la force normale; en d'autres termes, la force du vent indiquée sur les figures 1 et 2 serait, à l'altitude de 6,285 pieds, presque égale à la force du courant normal qui domine à cette hauteur. Il paraît donc raisonnable d'en induire qu'à la hauteur de 5,000 pieds (1,525^{m}), les vents représentés sur les figures 1 et 2 doivent être, généralement, assez violents pour déplacer le courant normal à cette hauteur.

On peut noter que, lorsque le baromètre est élevé à Mont Washington, la hauteur moyenne du baromètre est faible sur le quadran E en particulier. Mais, comme, à la même date, la hauteur moyenne était de 30^{p} 35 (770.89) à Burlington (Vt.), on doit penser que le coefficient de réduction des observations de Mont Washington au niveau de la mer est sans doute trop fort.

Une comparaison des figures 1 et 2 ne peut manquer de suggérer l'idée, qu'une haute pression doit exercer une influence marquée sur une dépression barométrique avoisinante. On observera que, si la haute pression est à l'E de la basse pression, tout le système tend à imprimer à peu près la même direction au vent, dans la région intermédiaire à ces deux points, et cette conclusion s'applique, quelle que soit la situation de la haute pression, par rapport à la basse pression. Il paraît naturel de conclure qu'il doit en résulter un accroissement de régularité et de force

dans le vent en question. Je me propose d'étudier, dans ce qui va suivre, la confirmation que les observations donnent à ces résultats, et quelles sont les conséquences à en déduire quant à la direction et à la vitesse du mouvement d'une tempête.

CONSÉQUENCES DU MOUVEMENT CENTRIFUGE DE L'AIR AUTOUR D'UNE ZONE DE HAUTE PRESSION.

Nous avons trouvé que, tout autour d'une zone de haute pression barométrique, l'air est animé d'un mouvement centrifuge sous une inclinaison moyenne de 42° 18' sur le rayon qui aboutit au centre de haute pression. Près de la surface du sol, la vitesse moyenne de ce mouvement est de 5,96 milles à l'heure; mais à mesure que l'on s'élève, on voit cette vitesse augmenter rapidement. Supposons, par exemple, que la zone de haute pression soit un cercle de 1,500 milles de diamètre, et qu'au centre de cette zone le baromètre marque 30^{p} 50 (774.70) et, enfin, que la vitesse moyenne de toute la colonne d'air soit de 18 milles à l'heure, c'est-à-dire la moyenne entre les vitesses observées près du niveau de la mer et l'altitude du Mont Washington. En admettant 42° 18' pour l'inclinaison moyenne de cette direction sur le rayon, nous trouvons que la composante de la vitesse du vent, suivant le rayon est de 13,3 milles à l'heure. Que doit-il résulter de ce mouvement centrifuge émané de la zone de haute pression, en supposant que ce courant s'étende à une hauteur de 5,000 pieds? Quelle action doit-il exercer sur le baromètre? En moins de trois heures, le baromètre peut descendre à 30 pouces (762.00), s'il n'existe pas de courant contraire dans les régions supérieures de l'atmosphère. Or, nous constatons que ces zones de baromètre élevé sont d'une durée considérable. Il est très-fréquent de les voir se maintenir très-sensiblement stationnaires pendant 24 heures; souvent elles persistent, presque sans changer de place, ni sans grande variation pendant 48 heures; et on a vu parfois le baromètre se maintenir à 30^{p} 25 (768.35) environ pendant quatre ou cinq jours de suite, et même plus longtemps encore. Ainsi, du 29 décembre 1872 au 2 janvier 1873, le ba-

romètre se tint, à New-Haven, très-près de 30_p 30 (769.62); du 29 novembre au 3 décembre 1873, près de 30_p 35 (770.89); et du 31 décembre 1873 au 6 janvier 1874, vers 30_p 25 (768.35).

Ces faits me semblent prouver que les zones de haute pression sont maintenues par une continuelle arrivée d'air dans les hautes régions de l'atmosphère, accès produit probablement par l'air qui s'élève près du centre d'une zone de basse pression. Dans mon premier article, j'ai montré que, près du centre d'une zone de basse pression, on observe un mouvement marqué vers en haut. Les faits que je viens de citer me semblent démontrer que, près du centre d'une zone de haute pression, il se produit un mouvement vers en bas, peu rapide en général, mais régulier et de longue durée. Le résultat d'un tel mouvement vers en bas doit généralement être une baisse notable du thermomètre à la surface du sol. L'atmosphère abandonne d'habitude, plus rapidement, son humidité dans les hautes régions à cause du rayonnement céleste, et reprend sa chaleur, principalement dans les régions basses, par l'effet de la radiation solaire sur la surface du sol, de sorte qu'à une altitude de quelques milles, un poids donné d'air renferme ordinairement moins de calorique que ce poids d'air près de la surface. Nous en devons conclure que, dans une zone de haute pression, le thermomètre doit généralement se tenir au-dessous de sa moyenne.

MINIMA MENSUELS DE LA TEMPÉRATURE.

Pour appuyer la conclusion précédente, j'ai pris les minima mensuels de température observés à New-Haven en 1872, 1873 et 1874, et je les ai comparés avec l'état du baromètre et d'autres circonstances auxquelles je pouvais supposer quelque influence sur le résultat. Ces observations de température avaient toutes été faites au thermomètre enregistreur. Par suite, l'heure précise du minimum était inconnue, mais il s'était généralement produit durant la nuit qui précédait la date donnée dans la première colonne du tableau suivant.

Température minima pour chaque mois de **1872**, **1873** et **1874** *à New-Haven* (*Conn.*).

DATES DES MINIMA	TEMPÉRATURE minima	VENT	NÉBULOSITÉ	PRESSION réduite	POSITION du centre DE HAUTE PRESSION barométrique	PLUS HAUTE isobare
1872						
31 Janvier.	— 15.2	N W	0	768.35	Nashville	774.70
23 Février.	— 14.0	N	3	743.45	Norfolk, Va.	754.50
5 Mars.	— 18.5	N W	0	760.73	Chicago	769.72
18 Avril.	— 2.0	N	0	761.23	Près de Long-Island	762.00
1 Mai.	4.0	S E	3	768.60	Près de New-York	769.62
2 Juin.	9.0	N	0	762.03	Lac Huron	766.50
25 Juillet.	13.3	W	5	764.03	Golfe du Mexique	764.08
31 Août.	12.2	W	0	754.38	Illinois	764.50
4 Septembre	6.4	N	0	763.27	Pittsbourg, Pa.	764.50
30 Octobre	— 1.4	N E	0	776.47	Maine	777.24
30 Novembre	— 12.0	W S W	0	755.65	Georgie	774.70
28 Décembre	— 28.9	N	0	764.50	Nashville	777.24
1873						
30 Janvier.	— 32.2	N W	0	768.35	Pensylvanie	769.62
24 Février.	— 21.1	W	0	756.15	Nashville	769.62
5 Mars.	— 13.0	N W	0	775.46	Knoxville	779.78
1 Avril.	— 0.2	W	0	764.03	Chesapeake-Bay	769.50
4 Mai.	0.8	N	1	760.80	Louisville	764.50
1 Juin.	8.1	W	0	770.89	Chesapeake-Bay	772.16
19 Juillet.	12.8	N W	5	760.70	Halifax	767.08
24 Août.	10.6	N	0	763.30	Lac Huron	772.16
15 Septembre	3.3	N	0	768.85	Washington D. C.	767.08
30 Octobre.	— 1.3	N	0	773.94	New-York	772.16
29 Novembre	— 9.1	W	0	773.94	Wheeling, Va.	777.24
31 Décembre	— 12.2	W	0	770.38	Wilmington N C.	777.24
1874						
17 Janvier.	— 15.9	W	0	772.92	Lynchburg, Va.	774.70
2 Février.	— 18.4	N N E	0	780.29	Quebec	780.32
24 Mars.	— 11.0	N N W	0	770.12	Saint-Louis	779.78
5 Avril.	— 9.2	W	0	773.18	Baltimore	772.16
12 Mai.	0.3	N	0	775.21	Long-Island	774.70
14 Juin.	8.0	N N W	0	768.60	Washington D. C.	769.62
4 Juillet.	13.9	S	0	763.27	Charleston S. C.	764.50
29 Août.	10.4	N	0	763.52	Golfe du Saint-Laurent	764.50
23 Septembre	6.4	N W	0	769.11	Baltimore	769.62
15 Octobre.	0.0	N	0	772.41	Virginie	774.70
14 Novembre	— 7.0	N	0	779.02	New-York	770.78

Les diverses colonnes de ce tableau indiquent :

1° La date de la température minimum pour chaque mois ;

2° La plus basse température observée ;

3° La direction du vent observée le matin, c'est-à-dire, généralement, à 6 heures en été et à 7 heures en hiver ;

4° Le degré de nébulosité à la même heure ;

5° La hauteur du baromètre à New-Haven ;

6° La position du centre de haute pression le plus voisin, telle que l'indiquaient les *Cartes du temps* des États-Unis.

7° La plus haute isobare représentée sur la Carte à la date correspondante.

En rapprochant ces observations, on peut noter que, dans la totalité des cas, à l'exception de cinq, la nébulosité inscrite a été zéro, et que dans deux cas seulement, on a noté des nuages sur la moitié du ciel. Il est probable que, dans chacun de ces cas, le ciel avait été entièrement découvert durant une partie de la nuit précédente. Nous pouvons donc en conclure que ces *minima* mensuels de la température ont été, en partie, un effet du rayonnement, mais cette cause seule ne peut expliquer la température très-basse observée, puisque ces *minima* sont beaucoup au-dessous de la température moyenne de ces mêmes mois durant des nuits sereines. Nous notons que, dans près des deux tiers des cas observés, New-Haven se trouvait dans la zone de haute pression, et que dans quelques-uns des autres cas, il existait à l'O de New-Haven un zone de haute pression barométrique qui se rapprochait rapidement de cette localité, bien que le baromètre n'y eût pas encore atteint la hauteur de 30^{p} 0 (762,0) ; enfin, que, dans les derniers cas, très-peu nombreux, il existait une zone de baromètre, relativement élevée, non loin de New-Haven, bien que la hauteur ne dépassât pas 762,0 en cette localité.

Les considérations qui précèdent me semblent être une preuve que les températures extrêmement basses, qui s'observent à des intervalles irréguliers dans chaque mois de l'année, mais particulièrement en hiver, sont dues principalement à une chute d'air froid dans le voisinage d'une zone de haute pression ; cette chute d'air résulte du mouvement centrifuge qui se produit généralement au centre d'une zone de haute pression.

LONGUES PÉRIODES DE TEMPS FROID.

Parfois nous éprouvons des périodes de froid très-vif durant deux jours, ou même plus longtemps. Les plus remarquables de toutes, durant les trois dernières années, ont eu lieu vers le 22 décembre 1872 et le 3 février 1873. Le tableau suivant ren-

ferme les particularités les plus importantes qui se rapportent à ces deux périodes, observées à New-Haven,

DATES	TEMPÉRATURES maxima	TEMPÉRATURES minima	PRESSION 7 h. m. New-Haven	VENT New-Haven	NÉBULOSITÉ	POSITION DU CENTRE de haute pression	PLUS HAUTE isobare	REMARQUES
1872								
Déc.								
21	1.2	— 4.0	766.06	NNW	3	Nebraska	779.78	Belle journée.
22	— 7.0	—11.4	765.04	NNW	0	Kentucky	777.24	Un pouce de neige la nuit passée.
23	— 1.4	—18.0	764.80	SW	10	Georgie	769.62	La neige a cessé de tomber vers 10 h. du matin. Environ 3 pouces et demi.
24	— 7.0	—12.9	772.16	NW	10	Illinois	779.78	Belle après-midi.
25	— 8.7	—18.6	775.46	N	5	N. Hampshire	777.24	Belle journée.
26	—12.9	—18.3	763.52	NNE	10	Montreal	767.08	Neige toute la journée jusqu'à 9 h. s. Environ 15 pouces.
27	—10.3	—15.1	754.89	N	10	Nebraska	779.78	Nuageux toute la journée.
28	— 2.0	—24.3	765.04	N	0	Tennessee	777.24	Belle journée.
29	— 2.6	—14.3	770.64	NW	10	Georgie	774.70	Nuageux toute la journée.
30	— 4.3	—17.1	775.46	NNW	0	N. Caroline	777.24	Belle journée.
31	— 1.3	—12.0	769.11	NNE	10	Georgie	772.16	Neige jusqu'à 4 h. s. Environ trois pouces.
1873								
Janv.								
1	— 1.0	—13.0	772.67	N	10	Albany	772.16	Beau.
2	— 6.3	—15.0	773.43	N	0	Maine	774.70	Nuageux après midi.
26	— 2.7	—13.6	768.35	N	10	Baltimore	777.08	Légère neige dans la matinée.
27	— 3.3	— 7.0	761.74	NE	10	Dacotah	772 16	Neige toute la journée. Environ 6 pouces.
28	0.6	— 9.4	763.52	SW	0	Nebraska	782.32	Beau.
29	—11.0	—17.8	770.89	NW	0	Indiana	774.70	id.
30	— 6.4	—27.0	768.35	NW	0	Pensylvanie	769.62	id.
31	1.2	—14.4	765.77	NW	0	Dacotah	774.70	id.
Févr.								
1	1.0	—12.4	764.50	NW	0	Nebraska	779.78	id.
2	— 8.0	—16.2	769.62	NNW	0	Illinois	777.24	id.
3	1.9	—14.3	768.35	SW	4	Charleston	769.62	Neige de 2 h 30 m. s. au matin.

Les colonnes de ce tableau indiquent :

1° La plus haute température observée à New-Haven aux dates mentionnées ;

2° La plus basse température observée à New-Haven aux dates mentionnées ;

3° La hauteur du baromètre ;

4° La direction du vent ;

5° La nébulosité observée à New-Haven à 7 h. du matin ;

6° La position du centre de la zone de haute pression la plus voisine ;

7° La plus haute isobare dessinée sur les *Cartes du temps* des États-Unis à la date correspondante ;

8° Diverses particularités notées à New-Haven.

Il résulte du tableau précédent, et de la comparaison des *Cartes du temps* des États-Unis que, dans la période considérée, il existait une zone de haute pression d'une étendue extraordinaire, qui couvrait la presque totalité des États-Unis, à l'E des Montagnes Rocheuses, et dans laquelle New-Haven se trouvait généralement. Les seules exceptions à cette circonstance se présentèrent vers le 27 décembre et le 27 janvier. Mais à chacune de ces dernières dates, une hausse inusitée du baromètre s'observait, en même temps, à une grande distance à l'O, et l'on ressentit son influence non-seulement dans les locatités où la pression dépassait 30P (762.0), mais aussi dans celles où le baromètre n'avait pas encore atteint cette hauteur. J'en conclus, par conséquent, que le froid intense qui sévit, durant cette période, sur les États-Unis, à l'E des Montagnes Rocheuses, reconnaissait pour cause principale l'air froid descendu des régions supérieures de l'atmosphère, sous l'influence de la haute pression.

La seule autre explication qu'il m'ait paru possible d'invoquer pour ce phénomène, c'est que ce froid aurait été le résultat d'un courant d'air passant rapidement le long de la surface du sol, venant d'une latitude très-septentrionale, et apportant avec lui le froid de la région dont il partait. J'admets que, durant la période en question, les vents du N aient pris une extension inusitée, mais alors ces vents auraient élevé le baromètre, d'après les lois qui ont été déjà établies. J'admets encore que s'il existe une dérive générale de l'atmosphère du N au S sur une zone étendue, il doive se produire un abaissement de tempé-

rature, mais je suis fondé à croire que cette cause seule ne peut être invoquée, en raison de la rapidité et de la grandeur de l'abaissement de température dans le cas présent. Du 21 au 22 décembre, la température moyenne à New-Haven tomba à — 9°4 et elle resta à ce point ou au-dessous pendant neuf jours consécutifs. Existait-il à ce moment un courant d'air régulier venu des régions boréales et suffisant pour produire un tel effet? Je n'ai pu consulter les *Cartes du temps* pour répondre à cette question, parce que, malheureusement, les observation des beaucoup de stations de l'extrême N manquèrent pour ces jours-là; aussi je crois devoir déclarer, en passant, que les Cartes ne s'étendent pas assez loin au N pour donner toutes les observations dont on avait besoin. Mais si nos observations couvraient la totalité de l'Amérique du Nord, je suis persuadé que nous ne man querions pas de trouver que l'abaissement de température au-dessous de la moyenne aurait été plus grand, sur les États-Unis, que sur la région N par rapport à nous, comme je l'ai montré dans la description de la tempête du 20 décembre 1836, dont l'étude a été publiée dans le vol. XI des *Smithsonian Contributions to Knowledge*.

TEMPÊTE DU 6-8 JANVIER 1874.

En l'absence d'observations spéciales de l'Amérique anglaise, il est plus avantageux de prendre pour exemple une tempête de la région méridionale des États-Unis, pour laquelle les *Cartes du temps* nous renseignent sur les conditions atmosphériques dans la région N de la tempête. J'ai choisi pour cet objet la tempête du 6-8 janvier 1874, qui vint du golfe du Mexique, et traversa les États-Unis dans la direction N 30° E. Le tableau suivant renferme les observations du thermomètre à 7 heures 35 du matin, du 4 au 9 janvier 1874, dans toutes les stations du *Signal Service* situées au S des États-Unis, ainsi que dans beaucoup de stations au N. Ces observations ont été copiées sur les *Cartes du temps* et transmises au chef du Corps des Signaux à Washington, sous la direction de qui elles ont été comparées avec les documents officiels. On y a corrigé les erreurs qu'elles pouvaient renfermer, et on a comblé les lacunes existant sur les cartes journalières du temps.

Observations du thermomètre à 7 h. 35 m. matin, du 4 au 9 janvier 1874.

STATIONS.	TEMPÉRATURE Moyen. dejan.	TEMPÉRATURE A 7 H. 35 M. DU MATIN. 4 Janv.	5 Janv.	6 Janv.	7 Janv.	8 Janv.	9 Janv.	DIFFÉRENCE AVEC LA TEMPᵉ MOYENNE. 4 Janv.	5 Janv.	6 Janv.	7 Janv.	8 Janv.	9 Janv.
Indianola	12.8	9.4	1.7	1.1	3.3	5.0	11.4	— 3.4	— 11.1	+ 11.7	+ 9.5	+ 7.8	+ 1.7
Galveston	12.8	11.1	3.9	1.1	6.1	8.9	12.8	— 1.7	— 8.9	— 0	+ 6.7	— 3.9	— 0
Key-West	20.9	21.1	18.9	20.0	21.0	16.7	13.9	+ 1.1	+ 1.1	+ 0	+ 0.5	+ 3.3	+ 7.1
Punta-Rassa	16.7	20.0	17.8	16.7	17.2	10.0	6.7	+ 3.3	+ 1.1	+ 0	+ 0.5	+ 6.7	+ 10.0
New-Orleans	12.8	18.3	10.0	3.3	1.6	3.3	14.4	+ 5.5	+ 2.8	+ 9.5	+ 11.2	+ 8.5	+ 1.6
Mobile	11.1	11.4	8.9	6.1	0.6	0	10.0	+ 3.3	+ 2.2	+ 5.0	+ 10.5	+ 11.1	+ 1.1
Lake-City	12.8	15.0	17.8	17.8	7.2	1.1	— 1.1	+ 2.2	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.6	+ 13.9	+ 13.0
Jacksonville	13.3	13.9	16.7	18.3	12.8	3.3	— 1.7	+ 0.6	+ 3.4	+ 3.0	+ 0.5	+ 10.	+ 11.6
Shreveport	8.3	5.5	1.1	3.9	2.2	4.4	5.6	— 2.8	— 7.2	+ 4.4	+ 6.1	+ 3.9	+ 2.7
Montgomery	8.9	11.7	12.2	8.9	1.7	0	6.7	— 2.8	— 3.3	+ 0	+ 7.2	+ 8.9	+ 2.2
Savannah	11.1	15.6	15.0	17.8	10.6	2.2	2.8	— 4.5	— 3.9	+ 6.7	+ 0.5	+ 8.9	+ 8.3
Charleston	10.0	14.4	16.1	15.0	12.8	2.2	2.8	— 4.4	— 6.1	+ 5.0	+ 2.8	+ 7.8	+ 7.2
Augusta	8.3	15.6	17.2	17.8	6.1	0.6	2.2	— 7.3	— 8.9	+ 9.5	+ 2.2	+ 7.8	+ 7.2
Wilmington	8.3	14.4	16.1	17.8	13.4	4.4	3.9	— 6.1	— 7.8	+ 9.5	+ 6.1	+ 3.9	+ 4.4
Fort-Gibson	4.4	— 9.4	11.6	6.1	5.6	0.6	1.1	— 13.8	— 16.0	+ 10.5	+ 16.0	+ 5.0	+ 5.5
Memphis	4.4	11.4	9.4	0.6	1.7	1.7	11.4	— 10.0	— 8.8	+ 5.0	+ 6.1	+ 2.7	+ 6.7
Nashville	2.8	16.1	2.2	1.7	2.2	3.3	5.6	— 13.3	— 2.2	+ 1.1	+ 5.0	+ 6.1	+ 7.8
Knoxville	1.7	3.3	3.3	6.1	6.6	1.7	0.6	— 15.2	— 1.6	+ 4.4	+ 1.1	+ 3.4	+ 2.3
Louisville	0.6	16.1	3.9	0	1.7	3.9	3.3	— 15.5	— 4.5	+ 4.4	+ 2.3	+ 4.3	+ 2.8
Cincinnati	0.6	15.6	1.1	0.6	0	2.2	3.3	— 15.2	— 0.5	+ 4.4	+ 0.6	+ 1.6	+ 3.9
Norfolk	2.8	13.9	16.1	6.1	17.8	5.6	2.2	— 11.1	— 13.3	+ 3.3	+ 15.0	+ 2.8	+ 0.6
Lynchburg	0.6	12.2	13.3	2.8	15.0	2.8	0	— 11.6	— 12.7	+ 2.2	+ 14.4	+ 2.2	+ 0.6
Saint-Louis	0.0	0.6	11.1	5.1	5.6	0.6	3.3	— 11.6	— 11.1	+ 6.1	+ 5.6	+ 0.6	+ 3.3
Washington	1.1	15.6	11.7	1.7	18.3	6.1	5.0	— 14.5	— 10.5	+ 0.6	+ 17.2	+ 5.5	+ 3.9
Cape-May	0.6	7.8	8.9	6.1	10.0	6.1	3.3	— 7.2	— 8.3	+ 5.5	+ 9.4	+ 5.5	+ 2.7
Baltimore	0.6	8.3	10.6	3.3	13.3	6.7	1.7	— 7.7	— 10.0	+ 2.2	+ 12.7	+ 3.5	+ 1.1
Keokuk	2.8	— 10.6	— 13.3	— 11.7	— 8.9	2.2	1.1	— 7.8	— 10.5	+ 8.9	+ 6.1	+ 0.6	+ 1.7
Omaha	6.7	— 18.9	— 12.8	— 8.9	— 5.6	2.8	1.1	— 12.2	— 6.1	+ 2.2	+ 1.1	+ 3.9	+ 5.6
Pittsburgh	1.7	18.3	1.1	1.6	5.0	0.6	1.7	— 26.0	— 0.6	+ 3.3	+ 6.7	+ 2.3	+ 3.4
Philadelphie	0.0	11.1	8.8	2.2	13.9	7.2	1.7	— 11.1	— 8.8	+ 2.2	+ 13.9	+ 7.2	+ 1.7
New-York	1.1	8.9	8.3	1.7	11.7	8.3	0.6	— 10.0	— 9.4	+ 2.8	+ 12.8	+ 9.4	+ 1.7
Chicago	3.3	1.7	9.4	8.3	3.9	2.8	1.1	— 5.0	— 6.1	+ 5.0	+ 2.8	+ 0.5	+ 4.4
Cleveland	2.2	15.6	0.6	2.8	0.6	1.1	2.8	— 17.8	— 1.6	+ 2.8	+ 0.5	+ 1.1	+ 5.5
Buffalo	2.8	13.9	2.8	3.3	0	1.1	2.8	— 16.7	— 0	+ 2.8	+ 0.5	+ 2.8	+ 3.4
Boston	2.8	8.3	9.4	0	1.1	12.8	1.1	— 11.1	— 12.2	+ 2.8	+ 3.9	— 15.6	+ 3.9
Saint-Paul	10.0	— 19.4	— 14.4	— 8.3	— 11.1	6.1	5.0	— 29.4	— 24.4	+ 1.7	+ 1.1	+ 3.9	+ 5.0
Breckenridge	12.2	— 28.9	— 17.8	— 11.1	— 8.9	7.8	12.8	— 41.1	— 29.4	+ 1.1	+ 3.3	+ 4.4	+ 0.6

Du 1ᵉʳ au 5 janvier, la tempête traversa entièrement le continent de l'O à l'E, et le centre de la tempête passa sur le lac Supérieur. Elle fut suivie d'un froid insolite, comme le montrent les observations du 4 janvier à Breckenridge, Saint-Paul, Omaha, Fort-Gibson, Keokuk, etc. Le 5 janvier, une autre tempête, entièrement distincte de la première, sévissait sur le golfe du Mexique. Le 6, elle passa sur la Georgie, le 7, sur la Virginie, et le 8, au N du lac Ontario. Cette tempête fut suivie d'un abaissement de tem-

pérature extraordinaire dans les États du Sud. Son influence s'étendit lorsqu'elle se réunit à la tempête précédente ; cependant on peut distinguer les effets de la dernière, principalement dans le voisinage de la Floride. Dans la deuxième colonne du tableau précédent, j'ai donné la température moyenne de janvier pour chacune des stations de la première colonne ; les colonnes 3 à 8 renferment les observations du thermomètre à 7 heures 35 du matin, et les colonnes 9 à 14, les différences entre les températures observées et les températures moyennes de janvier.

Les observations du 8 janvier ont été représentées par un tracé graphique sur la carte ci-jointe. La courbe qui passe par Mobile réunit tous les points où l'abaissement de température fut de 20° F (11° 1) au-dessous de la moyenne ; celle qui passe entre Charleston et Savannah, répond à une variation assez analogue de 15° F (8° 3) ; celle qui passe près de Nashville correspond à une variation de 10° F (5° 6), tandis que celle qui passe près de Cincinnati réunit les points ayant la moyenne de janvier. Ainsi, partout au S de cette ligne, la température a été inférieure à la moyenne ; partout au N, elle a été supérieure à la moyenne. Il faut noter que, d'après le tableau, l'abaissement de température le 8, dans le N de la Floride, fut plus grand qu'il n'avait été pour chacun des jours précédents à Knoxville, Nashville, Cincinnati, Louisville et Memphis. Cette circonstance, jointe à celle de la forme des courbes isabnormales (toutes convexes vers le N) démontre que le froid ne devait pas provenir du N ou du NW, mais qu'il devait être descendu des régions supérieures de l'atmosphère sur les États-Unis.

Voici d'autres considérations d'une nature plus générale, qui m'ont paru très-concluantes, en raison de leur accord avec le principe général que j'ai essayé d'établir. Le phénomène dont il s'agit n'est point particulier aux États-Unis, mais général sur tout le N de nos contrées, même sur les régions les plus froides que l'homme ait jamais visitées. On l'a observé à l'île Melville (lat 75° N), à Van Rensselaer-Harbor (lat. 78° 30' N) et dans les parties les plus froides de la Sibérie. A l'île Melville, le 26 décembre 1819, durant une forte bourrasque, le baromètre tomba à 29p 1(

STORM OF JAN 6 - 8, 1874. PLATE III

(739,14). Bientôt après, il s'éleva de nouveau, et en quatre jours il atteignit 30P 75 (781.05) hauteur qui fut aussi le maximum de l'année. En même temps, le thermomètre baissa de — 20°6 à — 41°6 température la plus basse observée dans l'année. A Van Rensselaer-Harbor, le 28 décembre 1853, durant une brise assez forte, le baromètre tomba à 29P05 (737.87) et s'éleva, en deux jours, à 30P 50 (774.70). Durant le même intervalle de temps, le thermomètre descendit de — 8° 9 à — 30° 0. A Jakutsk, en Sibérie (lat. 62° N), la température moyenne de janvier est de — 44° F (— 42°2); mais, le 21 janvier 1838, le thermomètre tomba à — 76° F (— 60°0) c'est-à-dire à 17° 8 plus bas que la température moyenne de la saison. Si maintenant on se reporte aux cartes de Dove, il n'y a pas de localité du globe où la température moyenne du mois le plus froid de l'année soit plus basse qu'à Jakutsk. Quelle peut être la cause d'une telle baisse du thermomètre sur le point le plus froid de la surface du globe? Je crois que nous avons établi, comme conclusion, que le froid extraordinaire résulte d'une chute d'air des hautes régions de l'atmosphère sur la surface du sol. Si c'est là l'explication véritable des périodes de froid insolite ressenties en Sibérie, un semblable phénomène aux États-Unis doit, sans aucun doute, être expliqué de la même manière.

La rapidité de ces changements de température est parfois plus remarquable que leur étendue. Le 21 décembre 1836, le thermomètre descendit, à Albany, de 10° 5 en une heure, de 11 heures du matin à midi. Eu égard à la variation diurne ordinaire de la température, ce chiffre indique un changement absolu de 11° 1 en une heure, comme effet d'une forte tempête alors en mouvement. En été, durant une averse d'orage, il n'est pas rare que le thermomètre descende de 3 ou de 5° 5 en quelques minutes. Mais l'examen des *Cartes du temps* démontre que ce phénomène est tout local. Ce n'est plus un courant d'air froid, venant des régions boréales, qui produit ce changement soudain de température, mais c'est un effet qui s'observe sur tout le parcours de la tempête, c'est-à-dire presque généralement suivant un parallèle, mais avec une légère inclinaison vers le N, ou bien, d'une région plus chaude vers une autre plus froide. Ces mouvements soudains

semblent devoir être comparés à une chute d'air des régions élevées de l'atmosphère.

RELATION ENTRE LA VITESSE DU VENT ET L'ÉQUIDISTANCE DES ISOBARES DANS LE VOISINAGE DU CENTRE D'UNE TEMPÊTE.

Afin de déterminer la relation entre la vitesse du vent et l'intervalle entre les isobares, j'ai divisé une grande feuille de papier en 40 colonnes verticales, numérotées 0, 1, 2, 3, pour indiquer la vitesse du vent, en milles, à l'heure. Puis chaque *Carte du temps* fut soumise à un examen dans ce but spécial. J'ai adopté dans le choix des stations les règles suivantes :

1° Toutes les observations renfermées dans la première isobare, à partir du centre de la tempête, ont été rejetées.

2° On n'a pas utilisé d'observations en dehors de l'isobare de 20_p 90 (759.46) et lorsqu'une station, renfermée dans ces limites, semblait être sous l'influence d'un autre centre de dépression, l'observation correspondante fut rejetée.

Relation entre la vitesse du vent et la distance entre les isobares.

VITESSE en milles.	NOMBRES d'observations	DISTANCE moyenne des isobares.	MOYENNES par séries de cinq.	DISTANCE en milles.	VITESSE en milles.	NOMBRES d'observations	DISTANCE moyenne des isobares.	MOYENNES par séries de cinq.	DISTANCE en milles.
0	69	0.79	»	»	20	76	0.63	0.61	95
1	55	0.90	»	»	21	9	0.56	0.62	97
2	81	0.90	0.86	134	22	23	0.65	0.62	97
3	53	0.87	0.86	134	23	13	0.65	0.62	97
4	176	0.83	0.84	131	24	40	0.59	0.62	97
5	111	0.82	0.82	128	25	13	0.65	0.61	95
6	168	0.80	0.80	125	26	5	0·56	0.59	92
7	80	0.76	0.79	123	27	5	0.59	0.58	90
8	230	0.78	8.78	122	28	20	0.56	0.54	85
9	65	0.77	0.76	119	29	4	0.54	0.54	85
10	129	0.77	0.75	117	30	15	0.46	0.52	81
11	56	0.71	0.74	115	31	4	0.54	0.50	78
12	262	0.72	0.73	114	32	7	0.51	0.48	75
13	34	0.74	0.69	109	33	0	»	0.46	72
14	93	0.70	0.68	106	34	1	0.44	0.44	69
15	42	0.60	0.67	104	35	4	0.39	»	»
16	122	0.64	0.64	100	36	4	0.39	»	»
17	26	0.65	0.65	97	37	0	»	»	»
18	66	0.60	0.62	97	38	0	»	»	»
19	10	0.60	0.61	95	39	0	»	»	»

3° Toutes les observations faites à Mont-Washington ont été rejetées.

Pour chaque station satisfaisant aux conditions précédentes, on a mesuré la distance perpendiculaire entre deux isobares consécutives ; la distance mentionnée sous la vitesse correspondante trouvée en tête de chacune des colonnes verticales. Toutes les *Cartes du temps* de 1872 et 1873 ont été examinées de la sorte, et on a déterminé la distance entre les isobares. Le tableau (p. 38) résume les moyennes ainsi trouvées.

Les diverses colonnes de ce tableau indiquent :

1° La vitesse du vent en milles à l'heure ;

2° Le nombre d'observations correspondant à chaque vitesse ;

3° La distance moyenne des isobares, correspondant à chaque vitesse, et mesurée en dixièmes de pouce.

On peut observer que les nombres de la deuxième colonne sont très-inégaux ; ils sont beaucoup plus grands, pour les vitesses 4, 8, 12, 16, 20, 24 et 28 que pour les vitesses intermédiaires. Ceci prouve que les vitesses ne sont pas comparables entre 1 et 2 milles, ce qui explique probablement, en partie, l'irrégularité des nombres de la troisième colonne.

Afin de diminuer ces irrégularités, j'ai pris la moyenne de chaque série de cinq nombres consécutifs de la troisième colonne, et inscrit les résultats dans une quatrième colonne. Les nombres de celle-ci peuvent, par suite, être considérés comme indiquant les résultats des observations affranchies de diverses causes d'erreurs qui affectent les observations prises isolément.

Dans une cinquième colonne, ces distances sont exprimées en milles. Cette dernière série de nombres représente, par conséquent, la distance moyenne entre les isobares (se succédant à un intervalle de 1/10 de pouce) correspondant aux vitesses inscrites dans la première colonne. La distance moyenne des stations d'observation, à partir du centre de la dépression barométrique, s'est trouvée de 350 milles. Les nombres de la cinquième colonne doivent donc être regardés comme représentant, pour les États-Unis, la distance moyenne entre les isobares correspondant aux vitesses de la première colonne, à une distance moyenne de 350 milles du centre de

la tempête. Nous voyons, ainsi, que la distance moyenne entre les isobares varie du simple au double, suivant que la vitesse atteint sa plus grande comme sa plus petite valeur, de sorte que la distance entre les isobares peut donner une certaine indication de la vitesse du vent; mais les observations isolées offrent de si grandes anomalies, que c'est seulement la vitesse moyenne du vent qui peut être sûrement déduite de la distance entre les isobares.

Les grandes irrégularités que présentent les observations individuelles doivent sans doute être attribuées en partie aux obstacles que rencontre le mouvement du vent, par suite des irrégularités de la surface du globe.

Sur une vaste étendue de mers, la distance entre les isobares doit donner une indication beaucoup plus précise et plus nette pour la force du vent.

NOTE. — En préparant les matériaux du présent Mémoire, j'ai été secondé par M. Edward S. Cowles, *graduate of Yale College of the class of* 1873.

TROISIÈME MÉMOIRE.

Présenté à l'Académie nationale des sciences de Washington, le 20 avril 1875.

(Extrait du *Journal américain des Sciences et des Arts*. Vol. X, juillet 1875.)

Résultats de la discussion des Cartes du temps des États-Unis pour 1872, 1873 et 1874.

DIRECTION ET VITESSE MOYENNES DES TEMPÊTES.

Dans le numéro de juillet 1874 de ce Journal (premier Mémoire), j'ai donné la direction moyenne des trajectoires des tempêtes, ainsi que leur vitesse de déplacement pour chaque mois de l'année, déduites de 314 cas en 1872 et 1873. J'ai fait une semblable étude des cartes du temps pour 1874, et voici les résultats que j'ai obtenus de 171 cas pour cette année, ainsi que les moyennes déduites de la combinaison de toutes les observations des trois années, formant un total de 485 cas.

MOIS	RÉSULTATS POUR 1872 ET 1873		RÉSULTATS POUR 1874		RÉSULTATS POUR LES 3 ANNÉES	
	DIRECTION de la Tempête.	VITESSE en milles à l'heure.	DIRECTION de la Tempête.	VITESSE en milles à l'heure.	DIRECTION de la Tempête.	VITESSE en milles à l'heure.
Janvier.....	N 85° E	28.5	N 74° E	23.0	N 81° E	26.7
Février.....	76	31.0	70	33.9	74	32.0
Mars.....	79	30.8	86	29.8	81	30.5
Avril.....	74	25.6	68	31.4	72	27.5
Mai.....	78	24.2	76	22.2	77	23.5
Juin.....	93	21.2	81	22.4	89	21.6
Juillet.....	102	24.4	88	25.9	97	24.9
Août.....	85	17.7	85	19.9	85	18.4
Septembre.....	78	22.8	70	23.1	75	22.9
Octobre.....	69	24.4	84	28.5	74	25.8
Novembre.....	80	28.3	74	30.3	78	29.0
Décembre.....	84	27.6	81	32.7	83	29.3
Année.....	N 82° E	25.6	N 78° E	26.9	N 81° E	26.0

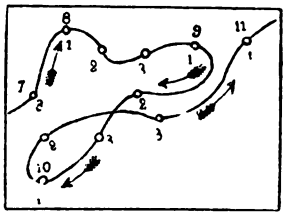
La direction moyenne des tempêtes a été, en 1874, de 4° plus

au N que dans les deux années précédentes, et la vitesse moyenne a été plus grande aussi de 1, 3 mille par heure ; mais la variation qu'éprouvent à la fois la direction et la vitesse sous l'influence de la saison de l'année a été semblable à celle que nous avons remarquée antérieurement. En ayant égard au résultat de la combinaison de ces trois années d'observations, on voit que la trajectoire des tempêtes est plus au S en juillet et plus au N en avril et en octobre, et que la différence moyenne entre ces mois extrêmes s'élève à 25°. La vitesse du mouvement est maximum en février et minimum en août, et la première dépasse la seconde de 74 0/0. Il ne s'est présenté qu'un seul cas dans lequel la direction de la tempête s'est maintenue toute une journée vers le NW. Cette circonstance s'observa le 18 avril dans une tempête originaire du golfe du Mexique, et dont la trajectoire fut ce jour-là dirigée vers un point à 13° à l'O du N. La direction la plus au S pour toute l'année s'observa lors de la tempête du 21 août, qui se transporta en un jour dans le sens N 163° E ou S 17° E, c'est-à-dire presque entièrement à l'opposé de la direction de la tempête du 18 avril.

Le mouvement le plus rapide du centre de la tempête a été observé le 22 février, où il a atteint 1,280 milles, soit une vitesse de 53,3 milles à l'heure ; le moins rapide a été de 228 milles en 24 heures le 21 août, soit de 9,5 milles à l'heure.

Tels sont les résultats d'observations faites à des intervalles de 24 heures. Si la comparaison avait été faite à des intervalles de 8 heures, on aurait trouvé de plus grandes variations, tant dans la direction que dans la vitesse. Ainsi, d'après les cartes mensuelles publiées sous la direction du chef du Service des Signaux, la trajectoire du centre d'une tempête situé, du 7 au 11 mai 1874,

FIG. VI.



à environ 300 milles à l'O du lac Supérieur, suivit le tracé indiqué sur la figure ci-jointe. Les chiffres inscrits au-dessus de la courbe indiquent les dates du mois; les chiffres 1, 2, 3, inscrits au-dessous indiquent respectivement les observations de 7 heures 35 du matin, 4 heures 35 et 11 heures du soir. On peut observer que la direction de la marche de la tempête a tourné de plus de 180° en 24 heures, et que, dans la matinée du 11, le centre de la tempête était à moins de 100 milles de la position qu'il occupait le 9 au matin. Si, en outre, nous étudions le mouvement du centre de la tempête d'une heure à l'autre, ainsi que nous l'avons déjà fait dans notre premier article, nous trouverons que la trajectoire de la tempête peut suivre une direction quelconque, et que la vitesse du mouvement peut varier de 15 milles à l'heure vers l'O, à 60 milles à l'heure vers l'E.

INÉGALITÉ DIURNE DANS LE MOUVEMENT DES TEMPÊTES.

Afin de m'assurer si le mouvement des tempêtes est uniforme toute la journée, je me suis servi des cartes mensuelles publiées par le bureau du *Signal Service*. Ces cartes indiquent la position du centre des tempêtes à trois moments de la journée : 7 heures 35 du matin, désigné par (1); 4 heures 35 du soir, désigné par (2), et 11 heures du soir, désigné par (3). Sur chaque trajectoire, je mesurai soigneusement, à l'aide d'une échelle en pouces, la distance de (1) à (2), de (2) à (3) et de (3) à (1) (du jour suivant); puis ensuite je réduisis ces distances en milles. Le parcours total du centre de la tempête, durant chaque intervalle de temps, fut divisé par le nombre d'heures correspondant, et j'obtins de cette manière la vitesse horaire à trois moments différents de la journée. Le tableau suivant indique les moyennes obtenues par cette comparaison des trajectoires des tempêtes en 1873 et en 1874. Les nombres inscrits dans les deuxième, troisième et quatrième colonnes représentent, respectivement, les vitesses moyennes horaires en milles dans l'intervalle de 7 heures 35 du matin à 4 heures 35 du soir; de 4 heures 35 à 11 heures du soir, et de 11 heures du soir à 7 heures 35 du matin du jour suivant.

MOIS	VITESSE HORAIRE MOYENNE DANS L'INTERVALLE.		
	1—8	8—3	3—1
Janvier	26.6	37.3	28.2
Février	28.6	37.0	28.9
Mars	27.2	33.6	27.2
Avril	22 5	25.9	22.9
Mai	19.2	25.6	19.5
Juin	22.5	25.9	22.2
Juillet	25.2	32.6	28.2
Août	24.2	28.6	20.8
Septembre	23.9	30.2	24.5
Octobre	22.9	29.6	23.5
Novembre	33.6	40.6	29.3
Décembre	33.3	37.0	29.9
Année	25.9	31.9	25.4

Il résulte de ce tableau que la vitesse moyenne des tempêtes, entre 4 heures 35 et 11 heures du soir, est environ 25 0/0 plus grande que dans le reste de la journée. Cet excès varie, dans les différents mois, entre les limites de 14 à 32 0/0; mais, dans chaque mois, le mouvement le plus rapide se manifeste au même moment de la journée.

Cette inégalité diurne est sans doute corrélative à une inégalité diurne, d'un au moins, et peut-être de plusieurs autres éléments météorologiques. Son maximum paraît se produire vers 7 heures du soir. Comme ce n'est pas l'instant du maximum de force du vent, ni l'heure du maximum ou du minimum de la température, on doit en conclure que l'inégalité en question ne doit pas dépendre directement de la vitesse du vent ni de la température absolue. Cependant, c'est à ce moment (7 heures du soir) que la température du jour décroît le plus rapidement, ce qui doit être une condition favorable à un développement rapide de la zone de pluie en avant de la tempête. Quand, sur un point donné en avant du centre d'une tempête, un ensemble de causes agissantes doit aboutir à une chute de pluie, la variation ordinaire de la tempé-

rature au déclin du jour doit hâter le commencement de la pluie, c'est-à-dire étendre davantage et avec plus de rapidité la zone de pluie et, par conséquent, accélérer le mouvement de la tempête, ainsi que nous l'avons vu dans un article précédent (voir ce Journal, vol. VIII).

Ce développement de la zone de pluie sur le front d'une tempête ne doit peut-être pas impliquer nécessairement une augmentation de la quantité de pluie tombée à ce moment de la journée ; néanmoins, je me suis efforcé de déterminer quelle pouvait être l'inégalité diurne dans la chute de la pluie. A cet effet, j'ai discuté les observations faites au *Girard-College* à Philadelphie, de 1840 à 1845, mais je n'ai trouvé que sept mois (savoir : janvier, mars, juin, juillet, août, septembre et octobre 1843) dans lesquels on ait noté une installation normale pour le pluviomètre-enregistreur. La deuxième colonne du tableau suivant indique la quantité moyenne de pluie à Philadelphie à chaque heure du jour durant ces sept mois.

Pluie à Philadelphie, en pouces anglais.

HEURES.	PLUIE.	MOYENNE.	HEURES.	PLUIE.	MOYENNE.
Minuit	1.633	0.869	Midi	0.366	0.914
1h m	0.748	0.917	1h s	0.783	0.861
2	0.398	0.826	2	1.438	1.036
3	0.666	0.636	3	0.869	1.152
4	0.686	0.677	4	1.727	1.265
5	0.684	0.731	5	0.945	1.234
6	0.949	0.716	6	1.316	1 580
7	0.671	0.733	7	1.285	1.310
8	0.588	0.822	8	2.598	1.206
9	0.771	0.802	9	0.375	1.165
10	1.133	0.741	10	0.427	1.235
11m	0.848	0.780	11s	1.140	0.865

Comme ces nombres présentent des irrégularités considérables, j'ai pris la moyenne de chaque série de cinq nombres consécutifs de la deuxième colonne et inscrit ces résultats dans la troisième.

Les nombres ainsi obtenus indiquent une progression assez régulière depuis un minimum à 3 heures a. m. jusqu'à un maximum vers 6 heures p. m., et ensuite une diminution régulière jusqu'au minimum suivant. Le maximum est sensiblement 2 1/2 fois le minimum, bien que le premier soit trop petit et que le second soit trop grand, par suite du mode même de réduction employé. Il paraît donc probable que l'inégalité de pluie qui résulte de ces observations est une loi du climat de Philadelphie, et que selon toute probabilité aussi, ce doit être une loi du climat du voisinage immédiat de Philadelphie.

J'ai ensuite étudié les observations faites dans les stations du *Signal Service* durant les mois de septembre, d'octobre et de novembre 1872, seuls mois dont les observations aient été publiées dans tous leurs détails. J'ai, d'ailleurs, limité la comparaison aux stations situées au N du 35^{me} parallèle. La quantité totale de pluie tombée chaque mois dans toutes les stations au N du 35^{me} parallèle a été déterminée pour chacun des trois intervalles en lesquels on a divisé la journée; puis ces résultats ont été divisés par le nombre de jours du mois, ce qui a donné la quantité moyenne de pluie pour chacun de ces intervalles; enfin, ces derniers résultats ont été divisés par le nombre d'heures de l'intervalle correspondant, ce qui donnait ainsi la quantité horaire moyenne de pluie tombée dans toutes ces stations durant les trois intervalles diurnes considérés. Les nombres suivants indiquent le résultat final :

Quantité de pluie dans les stations du Signal Service.

	1 — 2	2 — 3	3 — 1
Septembre	0.244	0.308	0.288
Octobre	0.174	0.200	0,192
Novembre	0.155	0.143	0.180
Moyennes (pouces anglais)	0.191	0.217	0.220

Ces nombres montrent que la moyenne de pluie, dans les stations considérées, est sensiblement la même durant tout le jour. Si donc il existe une inégalité marquée dans la quantité de pluie tombée à Philadelphie, il paraît probable que sur d'autres points de la contrée, le maximum a lieu à une heure différente, de sorte

qu'en faisant le total pour des séries de stations réparties sur le continent, la pluie totale est sensiblement uniforme pour toutes les heures du jour.

Le gouvernement britannique a publié les observations horaires de pluie pour onze mois de l'année 1874 dans sept stations : deux en Irlande, deux en Écosse et trois en Angleterre. On peut conclure de ces observations que, non-seulement la quantité absolue de pluie, mais encore l'époque du maximum dépendent beaucoup de la localité : dans l'ensemble relatif aux sept stations, on trouve l'indication de deux maxima diurnes, l'un à 5 heures du matin, l'autre à sept heures du soir, et de deux minima vers midi et minuit ; mais puisque la chute de pluie dépend d'une si grande variété de circonstances, il est téméraire de formuler des conclusions générales, à moins de les déduire de longues séries d'observations.

INFLUENCE DE LA PLUIE SUR LE MOUVEMENT DES TEMPÊTES.

Dans un premier Mémoire (voir ce Journal, vol. VIII), j'ai essayé d'indiquer la relation entre la vitesse de parcours d'une tempête et l'étendue de la zone de pluie à l'E de cette tempête. J'ai soumis à un examen semblable les observations de 1874, et je viens en faire connaître les résultats. Le nombre de cas utilisables à cette comparaison a été de 80 en 1874 ; je les ai divisés en quatre catégories, suivant que le parcours de la tempête, en un jour, était au moins de 855 milles, ou compris entre 855 et 665 milles, ou compris entre 665 et 490 milles, ou inférieur à 490 milles. Les colonnes du tableau suivant indiquent, la première et la deuxième,

OBSERVATIONS DE 1872 ET 1873		OBSERVATIONS DE 1874		OBSERVATIONS DES TROIS ANNÉES	
VITESSE en milles à l'heure.	ÉTENDUE de la zone de pluie en milles.	VITESSE en milles à l'heure.	ÉTENDUE de la zone de pluie en milles.	VITESSE en milles à l'heure.	ÉTENDUE de la zone de pluie en milles.
38.8	590	42.7	740	40.1	640
28.5	548	30.7	609	29.2	568
21.6	503	23.7	611	22.3	539
14.5	365	17.0	535	15.3	422

les résultats déjà publiés, déduits des observations de 1872 et 1873; la troisième et la quatrième, les résultats déduits des observations de 1874; la cinquième et la sixième, les résultats déduits de la combinaison des observations des trois années.

Ainsi la vitesse du mouvement ne paraît pas rigoureusement proportionnelle à l'étendue vers l'E de la zone de pluie. Cela tient à ce que les observations sont rarement assez nombreuses pour indiquer avec précision l'étendue cette zone et à ce qu'il existe, évidemment, d'autres causes qui contribuent à influer sur le résultat. Cependant je regarde comme bien démontré qu'une extension extraordinaire de la zone de pluie est, généralement, accompagnée d'un accroissement de la vitesse du mouvement au-delà de la moyenne. Le résultat des trois années d'observations montre que l'étendue moyenne de la zone de pluie à l'E du centre de la tempête est de 542 milles. Lorsque cette portée de la zone de pluie vers l'E, dépasse la moyenne de 100 milles, la vitesse horaire de parcours de la tempête s'accroît de 13,7 milles: lorsque la portée est inférieure de 100 milles à la moyenne, la vitesse horaire de la tempête diminue de 9,5 milles.

J'ai aussi déterminé l'influence de la zone de pluie sur la direction de la trajectoire de la tempête, telle qu'elle résulte des observations de 1874, exposées dans un Mémoire précédent (voir ce journal, vol. VIII). Le tableau suivant indique: 1° les résultats déjà publiés; 2° les résultats déduits des observations de 1874; 3° les résultats déduits de la combinaison des observations des trois années.

OBSERVATIONS DE 1872 ET 1873.		OBSERVATIONS DE 1874.		OBSERVATIONS DES 3 ANNÉES.	
DIRECTION de la Tempête.	GRAND AXE de la zone de pluie.	DIRECTION de la Tempête.	GRAND AXE de la zone de pluie.	DIRECTION de la Tempête.	GRAND AXE de la zone de pluie.
N 40° E	N 53° E	N 53° E	N 54° E	N 44° E	N 53° E
N 116 E	N 118 E	N 100 E	N 109 E	N 111 E	N 115 E

Ainsi, d'après le résultat des trois années d'observations, on

reconnaît que si la direction de la tempête est plus au N, le grand axe de la zone de pluie est incliné, sur la direction de la trajectoire de la tempête, de 9° vers le S, mais que, si la direction de la tempête est plus au S, le grand axe de la zone de pluie est incliné, de 4° seulement, sur la trajectoire de la tempête. Si donc nous pouvons, dans un certain cas, dessiner les limites précises de la zone de pluie autour du centre de la tempête, nous sommes à même de prédire, avec un très-grand degré de confiance, la direction et la vitesse du mouvement de la tempête.

INFLUENCE DU VOISINAGE D'UNE ZONE DE HAUTE PRESSION SUR LE MOUVEMENT D'UNE TEMPÊTE.

Afin de déterminer l'influence du voisinage d'une zone de haute pression barométrique sur le mouvement d'une tempête, j'ai choisi tous les cas dans lesquels il existait, sur la carte du temps, à la fois un centre de tempête et une zone de haute pression. Je divisai ensuite ces cas en huit classes, suivant la direction de la ligne qui joignait le centre de haute pression au centre de basse pression. Par le centre de basse pression je traçai huit rayons, inclinés à 45° les uns sur les autres, et situés de telle manière que les octants fussent divisés en deux angles égaux par les méridiens. Ces octants furent désignés par les lettres N, NE, etc. Une grande feuille de papier fut alors divisée en colonnes répondant à chacun de ces octants, et, lorsque, par exemple, la zone de haute pression se trouvait au N du centre de la tempête, je notai dans la colonne désignée N, la vitesse et la direction du mouvement de cette tempête. Je procédai de la même manière pour chacun des cas examinés, puis, dans chaque colonne, je déterminai la moyenne des directions et des vitesses.

Le tableau suivant indique les résultats de cette comparaison pour 1872, 1873 et 1874. Ses diverses colonnes renferment, la première, la direction de la zone de haut baromètre à partir du centre de la tempête ; la deuxième, le nombre de cas observés ; la troisième, la vitesse moyenne du mouvement de la tempête, et la quatrième, la direction suivant laquelle avançait la tempête.

DIRECTION de la zone DE HAUTE PRESSION.	NOMBRE de CAS.	VITESSE de la TEMPÊTE.	DIRECTION de la TRAJECTOIRE.
N	23	26.0	N 58° E
N E	39	26.4	54
E	90	25.4	83
S E	75	29.5	90
S	25	30.3	93
S W	20	26.1	81
W	37	28.8	70
N W	19	28.7	62

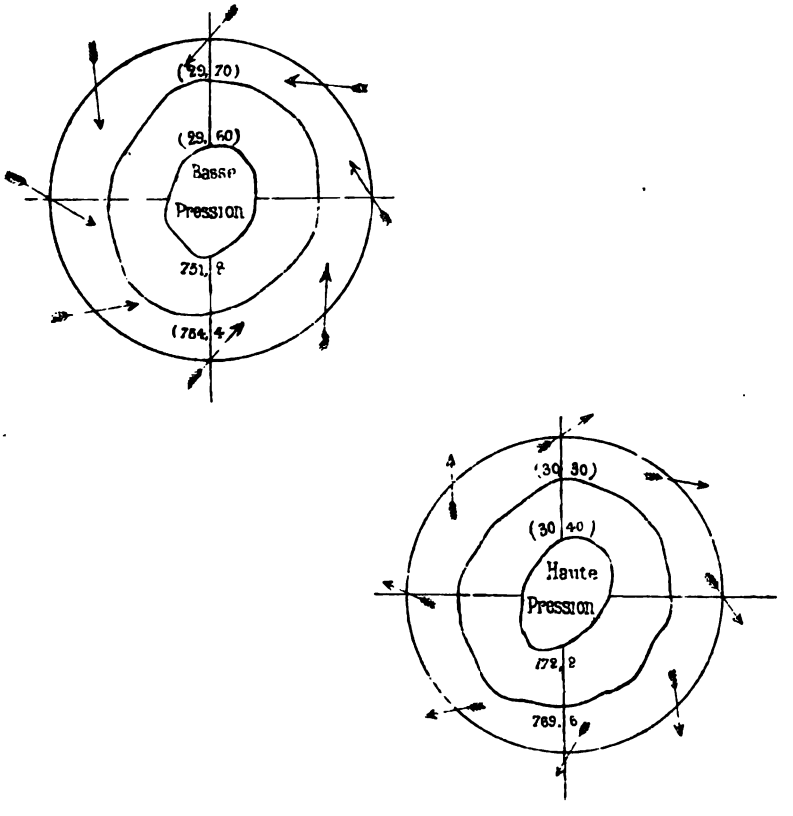
L'influence du voisinage d'une zone de haute pression barométrique sur la vitesse de mouvement d'une tempête n'est pas très-marquée ; néanmoins les observations dénotent que si la haute pression se trouve à l'E de la tempête, la vitesse de celle-ci est diminuée de 8 0/0, et que la vitesse est augmentée à peu près dans la même proportion, lorsque la haute pression se trouve au S de la tempête.

L'influence d'une zone de haute pression barométrique sur la direction du mouvement d'une tempête appuie vers le N si la haute pression est au NE, et appuie vers le S si la haute pression est au S ou au SE ; dans chacun de ces cas, la trajectoire est infléchie du côté du centre de haute pression.

En se reportant à mon premier Mémoire (voir ce Journal, vol. IX), on peut observer que, de quelque côté que se trouve le centre d'une zone de haute pression par rapport au centre de la tempête, les deux systèmes tendent à imprimer sensiblement la même direction à l'air intermédiaire. Il semble, par conséquent, que l'effet immédiat d'une zone de haute pression doit être d'étendre la zone du vent qui appartient à cette région de la tempête, et probablement aussi à accroitre la vitesse du vent sur le côté de la bourrasque voisin de la haute pression. Si donc la haute pression se trouve au SE du centre de la tempête (Fig. VII), le vent du S qui souffle sur le côté SE de cette tempête doit s'étendre à une grande distance, et probablement souffler avec plus de force, ce qui peut déterminer une pluie plus abondante sur ce point, et

infléchir la trajectoire de la tempête dans cette direction. De même, si la haute pression se trouvait au N du centre de la tem-

FIG. VII.



pête, l'accroissement de la condensation sur ce côté produirait une déviation de la trajectoire vers le N.

On pourrait supposer que le même mode de raisonnement nous conduirait à conclure que le mouvement d'une tempête doit devenir plus rapide lorsqu'il existe, à l'E de celle-ci, une zone de haute pression barométrique. On peut répondre à cela que, bien que la chute du baromètre dans chacun de ces cas puisse être plus rapide que d'ordinaire, cependant, comme le baromètre s'écarte d'une hauteur inaccoutumée, la chute doit continuer un temps proportionnellement plus long avant que le minimum ait été atteint. Le même

raisonnement peut, en partie, expliquer pourquoi le mouvement d'une tempête n'est pas autant activé par une haute pression sur la région NE que par une haute pression sur le côté SE. Dans le premier cas, la haute pression est plus voisine de la trajectoire que suit la tempête, et il doit s'y produire une plus grande baisse du baromètre avant que le minimum de pression ne soit atteint.

FORME DES COURBES ISOBARES.

Dans mon premier Mémoire (voir ce Journal, vol. VIII), j'ai indiqué diverses mesures relatives à la forme des courbes isobares dans le voisinage des centres de dépression, comme les représentaient les *Cartes du temps* pour 1872 et 1873. J'ai fait une étude semblable pour les tempêtes de 1874, et en voici les résultats :

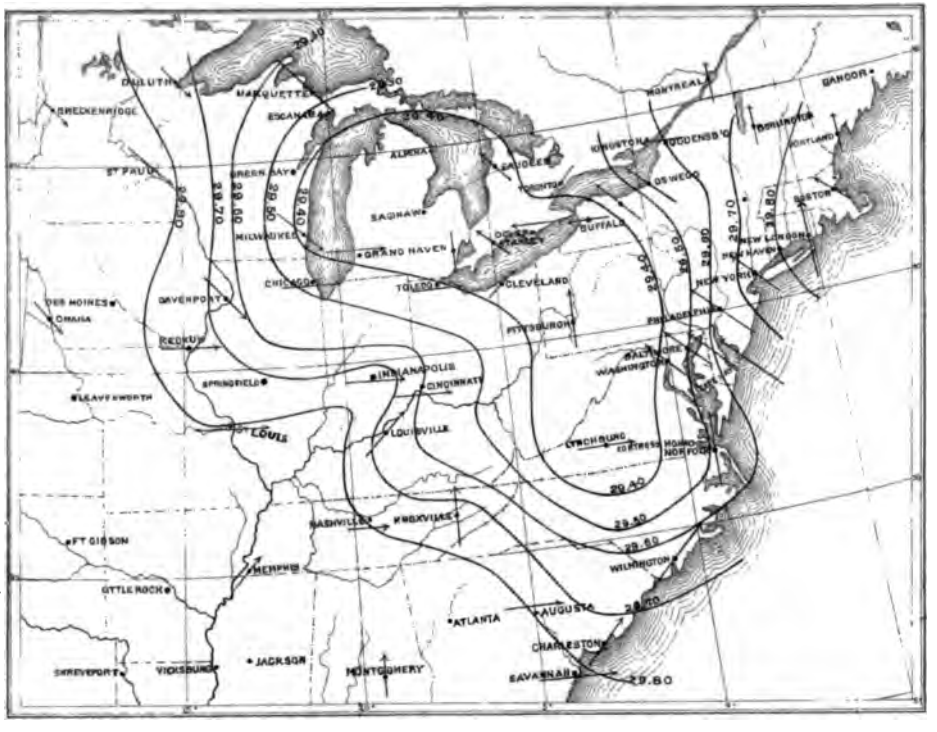
Le nombre des cas examinés en vue de ce genre de recherches a été de 75. Dans 35 d'entre eux, soit 47 0/0 du nombre total, le grand axe de l'isobare était au moins double du petit. Dans 15 cas, soit 20 0/0 du nombre total, le grand axe était au moins triple du petit. Dans 5 cas, soit 7 0/0 du nombre total, le grand axe était au moins quatre fois le petit.

La forme moyenne des isobares près du centre de la tempête peut être regardée comme une ovale irrégulière, dont la longueur est sensiblement double de la largeur.

Afin de donner une idée plus complète de la forme de ces courbes, j'ai choisi la tempête du 29 mars 1873 et représenté chacune de ses isobares sur la carte ci-jointe. On voit que le plus grand diamètre de ces courbes est environ trois fois le plus petit. Les flèches indiquent la direction du vent dans les stations du *Signal Service*, et la force du vent est partiellement indiquée par la longueur de ces flèches: une longueur de $10^{mm}2$ représente une vitesse d'au moins 20 milles à l'heure; une longueur de $7^{mm}6$, de 10 à 20 milles, et une longueur de $5^{mm}1$, une vitesse inférieure à 10 milles à l'heure.

A l'inspection de cette carte, on reconnaît que la force centrifuge qui se développe dans la circulation du vent autour du centre de la tempête ne peut être la cause principale de la chute du baro-

STORM OF MARCH 29 1873 PLATE IV.



mètre, car autrement la forme des isobares serait plus sensiblement circulaire.

En ce qui se rapporte à la direction du plus grand axe de ces isobares, on n'y reconnaît pas de tendance à l'uniformité; néanmoins, la direction la plus fréquente est d'environ N 35° E, qui se confond, presque identiquement, avec celle qui résulte des observations de 1872 et de 1873.

GRANDES ET SUBITES VARIATIONS DE TEMPÉRATURE.

Dans un Mémoire précédent (voir ce Journal, vol. IX) j'ai appelé l'attention sur les grandes et subites variations de température fréquemment éprouvées aux États-Unis et sur d'autres points du globe, et j'ai essayé de présenter une explication de ce phénomène. Je veux signaler maintenant quelques faits de plus à l'appui de la même étude. On trouve dans le *Rapport du chef du Corps des Signaux pour* 1873 le maximum et le minimum de température pour chaque jour de l'année 1873 en 40 stations des États-Unis et du Canada. J'ai consulté ces tables pour y chercher tous les cas dans lesquels la différence entre le maximum et le minimum du

Variations diurnes de température, de 22° *et au-dessus, en* 1873.

STATIONS	LATITUDE N	LONGITUDE W	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	ANNÉE.
Denver.	39° 44'	104° 58'	2	5	5	2	2	6	4	3	4	*	1	2	37
Fort-Sully.	44 39	100 40	3	»	2	4	»	1	»	1	5	9	»	1	26
Cheyenne	41 12	104 42	1	1	»	1	»	4	3	»	2	3	3	2	20
Virginia-City	45 00	112 3	2	»	*	*	*	2	1	*	*	1	2	3	11
Breckenridge	46 16	96 38	1	»	»	»	»	1	1	»	»	5	»	»	8
Fort-Garry.	49 52	96 58	»	»	»	»	4	»	3	»	1	*	*	»	8
San Antonio.	29 25	98 25	»	»	»	6	2	»	»	»	»	»	»	»	8
La Crosse.	43 48	91 27	3	2	1	»	»	»	»	»	»	1	»	»	7
Halifax.	44 40	63 35	»	1	»	»	1	»	»	1	1	*	*	*	4
Geneva	42 53	77 5	»	»	»	»	»	2	*	*	1	*	»	»	3
Omaha.	41 16	96 0	»	»	1	»	1	»	»	»	»	*	*	*	2
Chicago	41 52	87 38	»	1	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	2
Leavenworth	39 19	94 58	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Saint-Paul.	44 53	93 5	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Morgantown	39 40	79 55	*	»	1	»	»	»	»	»	»	*	*	»	1
Oswego	42 28	76 35	1	»	»	»	»	»	»	»	»	*	*	»	1

même jour atteignait au moins 40°F (22° 2 C). Le tableau suivant indique toutes les stations dans lesquelles on observa cette grande différence, ainsi que le nombre de cas observés durant chaque mois.

L'astérisque signifie que les observations manquaient pour le mois correspondant.

Le nombre des stations où la différence de 22° entre le maximum et le minimum du même jour fut observée s'élève à 16 en 1873, c'est-à-dire qu'il représente 40 0/0 du nombre total des stations ; au nombre de celles où cette grande différence ne fut jamais observée, on peut citer Kingston, Toronto et Montréal, dans le Canada, et Mont-Washington, dans le New-Hampshire.

Le *Rapport du chef du Corps des Signaux pour* 1874 renferme le maximum et le minimum de température de chaque jour de l'année 1874 en 107 stations des États-Unis et du Canada. Le tableau suivant indique tous les cas dans lesquels la différence entre le maximum et le minimum d'un même jour s'est élevée au moins à 40° F (22° 2 C) (Voir p. 55).

Le nombre des stations dans lesquelles on a observé, en 1874, une différence de 22° entre le maximum et le minimum de température dans la même journée s'élève à 38, c'est-à-dire à 35 0/0 du nombre total des stations, et au nombre de celles où cette grande différence n'a jamais été observée, on doit citer Kingston, Toronto et Montreal en Canada, et Pike's Peak, à l'altitude de 14,092 pieds (4,300^{m}) au-dessus du niveau de la mer.

Il résulte de ces tableaux que, sur la plus grande partie des États-Unis, on a observé, occasionnellement, une différence de 22° entre le maximum et le minimum de température dans la même journée, et qu'il n'y a que peu de localités où de pareilles variations soient assez fréquentes. Ce phénomène s'observe le plus souvent dans les stations situées entre le fleuve Mississippi et les Montagnes-Rocheuses ; celles de Colorado-Spring et de Denver occupent le premier rang sur la liste. Colorado-Spring est situé à une altitude de 5,935 pieds (1,710^{m}) au-dessus du niveau de la mer, et Denver est à 60 milles environ de distance des contreforts E des Montagnes-Rocheuses, à une altitude de 5,135 pieds (1,566^{m}).

Ces exemples de grande variation diurne de la température

résultent de la variation diurne ordinaire, combinée avec l'effet produit par le passage d'une grande tempête; quant à l'abaissement soudain de la température, qui succède ordinairement à une

Variations diurnes de température, de 22° *et au-dessus, en* 1874.

STATIONS	LATITUDE N	LONGITUDE W Greenwich.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	ANNÉE.
Colorado Spring. . .	38°55'	104°58'	8	3	4	3	11	9	8	»	»	*	2	8	56
Denver.	39 44	105 4	2	1	1	4	6	6	4	1	8	7	4	1	45
Cheyenne	41 12	104 42	»	»	»	»	6	5	7	4	5	2	3	1	33
Fort-Sully.	44 39	100 40	5	1	2	4	1	»	1	»	5	3	2	»	24
Breckenridge	46 11	96 17	1	4	1	»	3	1	»	»	4	1	1	3	19
Yankton.	42 45	97 30	4	1	»	2	»	»	»	»	4	3	1	»	15
Geneva.	42 53	77 5	2	»	»	1	4	4	*	*	*	5	»	»	11
San Antonio	29 35	98 25	3	1	»	5	»	»	»	»	»	»	»	1	10
Pembina.	49 0	97 5	»	1	1	»	3	»	»	»	2	1	1	»	9
Fort Garry.	49 52	96 58	»	2	»	2	1	»	»	»	»	1	1	»	7
Stayner	44 25	80 15	1	»	1	1	3	1	»	»	»	*	»	»	6
Fort Gibson.	35 43	95 16	1	»	»	»	»	»	»	»	»	1	2	1	5
Chatham.	47 1	65 30	»	2	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	4
Halifax	44 40	63 35	»	1	1	»	»	»	»	»	»	»	»	1	3
La Crosse.	43 48	91 23	»	2	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	3
Morgantown	39 36	79 52	»	»	»	1	»	»	»	»	»	2	»	»	3
Leavenworth	39 19	94 58	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2	2
Mt Washington. . .	44 16	71 16	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2
Ottawa	45 22	75 45	»	»	»	»	1	1	»	»	»	»	»	»	2
Sydney	46 18	60 9	»	»	1	»	1	»	»	»	»	*	»	»	2
Wytheville	36 56	81 0	*	*	*	*	»	»	»	1	1	*	*	*	2
Albany	42 40	73 45	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	*	»	1
Buffalo.	42 53	78 55	»	1	»	»	»	»	»	»	»	*	»	»	1
Burlington.	44 29	73 15	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	1
Charleston.	32 45	79 55	»	»	»	»	»	»	»	1	»	*	*	»	1
Davenport.	41 32	90 38	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	1
Duluth.	46 48	92 8	*	*	*	*	1	»	»	»	»	*	*	*	1
Eastport.	44 55	66 54	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Erie	42 7	80 10	1	»	»	»	»	*	*	»	»	»	»	»	1
Kingston	44 12	75 41	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	1
New London	41 22	72 9	*	*	»	»	1	»	»	»	»	*	*	*	1
Norfolk.	36 51	76 19	»	»	»	»	1	»	»	»	»	*	*	»	1
Omaha	41 16	96 0	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Portland.	46 30	122 27	*	*	*	*	*	1	»	»	»	*	*	*	1
Port Stanley	42 40	81 13	*	*	*	*	*	1	»	»	»	*	*	*	1
Saugeen	42 40	81 16	»	»	»	»	1	»	»	»	»	*	»	»	1
Squan Beach. . . .	40 8	74 1	*	*	»	»	»	»	»	»	»	»	*	1	1
Saint-Louis.	38 37	90 15	1	»	»	»	»	»	»	»	»	*	*	»	1

grande tempête, je crois qu'on ne peut l'expliquer complétement sans admettre une chute subite, depuis un point élevé, d'une certaine quantité d'air dont la température est extraordinairement basse. Le voisinage des montagnes paraît favoriser cette chute

soudaine d'air tombant d'une grande hauteur. Colorado-Spring et Denver sont situés de telle sorte, que le mouvement des courants atmosphériques vers en haut ou vers en bas doit être extraordinairement fréquent, et elles se distinguent entre toutes les autres stations du *Signal Service* par la grandeur et la rapidité des variations de température. On m'a signalé récemment un exemple de ce fait, qui me paraît être le plus remarquable que j'aie jamais connu. J'ai reçu de trois sources différentes la description de ces faits, qui concorde dans les points essentiels, mais qui indique des différences de plusieurs degrés de température, qu'on peut attribuer à une différence d'exposition des instruments. La description la plus succincte est celle qui a été fournie par l'observateur de la station du *Signal Service* des États-Unis, et j'ai adopté, pour ce motif, ses données numériques, de préférence à celles des autres.

TEMPÊTE DU 15 JANVIER 1875 A DENVER (COLORADO).

Le 14 janvier 1875, le thermomètre se tint, à Denver, toute la journée au-dessous de zéro F (—17°7 C); le vent était variable et de direction NE. A 9 heures du soir, le thermomètre marquait 1° F (—17°2). Le vent venait de tourner tout à coup au SW, et à 9 heures 15 du soir, le thermomètre atteignit 20°F (—6°6); à 9 heures 20, —2°7; à 9 heures 30, +2°2, et à 9 heures 35 du soir, +4°4; après quoi, il n'éprouva plus qu'une très-faible variation jusqu'au lendemain à midi. Ainsi, les observations qui précèdent indiquent une hausse du thermomètre s'élevant à 22 degrés en 35 minutes.

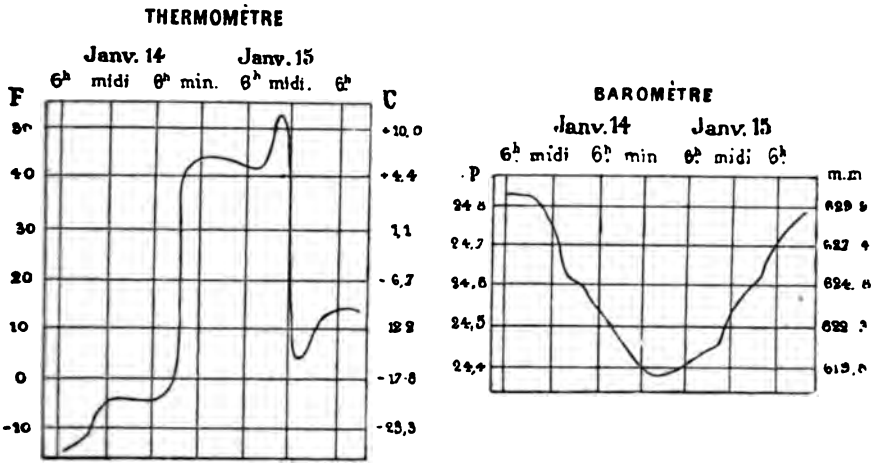
Le 15 janvier, le thermomètre fut au-dessus de 4°4 toute la matinée avec vent de SW frais. Vers 11 heures 30 du matin, il atteignit 11°1. Le vent venait de retourner subitement au NE, et à midi 30 le thermomètre tomba à —15°5, soit une variation de 26°6 en une heure. Un autre observateur, qui passait pour très-digne de confiance, avait dit que, entre 11 heures du matin et midi, le thermomètre était descendu de 14°4 à —5°5, c'est-à-dire de 19°9 en cinq minutes.

La figure ci-jointe, à gauche de la page, doit permettre de se

faire de l'étendue et de la rapidité de ces variations de température une meilleure idée que celle que donnerait une simple description des faits. La courbe entière indique l'état du thermomètre pour une durée de près de deux jours, de 5 heures 43 du matin, le 14 janvier, à 9 heures du soir, le 15, d'après les observations faites dans la station du *Signal Service* (Fig. VIII).

La figure disposée à droite indique les variations de la pression atmosphérique durant la même période. Le 14, le baromètre baissa de 630,7 à 619,8, et le 15, il s'éleva à 628,9.

FIG. VIII.



Ces variations de température et de pression observées à Denver résultaient d'une tempête considérable venue du NW, et dont le centre passa à l'E de Denver, à peu près à 250 milles de cette localité. Cette tempête fut suivie de forts coups de vent et de bourrasques dans le Colorado et le Kansas. Elle ne doit probablement pas différer, dans sa substance, des tempêtes d'hiver fréquemment éprouvées sur d'autres régions des États-Unis, si ce n'est par l'extrême rapidité des variations du vent et de la température. Je ne crois pas que ces variations subites puissent être complétement expliquées par l'hypothèse d'un courant polaire passant rapidement sur la surface du globe, et venant d'une latitude plus élevée à une

latitude plus basse; mais il paraît nécessaire d'admettre un soudain transport d'air très-froid d'un niveau élevé vers un niveau plus bas. La température élevée du 14 janvier résultait probablement d'une précipitation subite de vapeur causée par l'élévation de l'air au-dessus de la surface du sol, et cet air chaud, voisin de la surface du sol, venant soudain à s'élever, le 15 janvier, se trouva déplacé par de l'air froid d'une altitude plus grande.

Note. — En préparant les matériaux de ce mémoire, j'ai été assisté par M. Edward S. Cowles, *graduate of Yale College of the class of* 1873.

QUATRIÈME MÉMOIRE

Présenté à l'Académie nationale des sciences de Philadelphie, le 2 novembre 1875.

(Extrait du *Journal américain des Sciences et des Arts*. Vol. XI, janvier 1876).

Résultats de la discussion des Cartes du temps des États-Unis, ainsi que d'autres documents.

MOUVEMENT DES ZONES DE HAUTES PRESSIONS.

Ayant déjà déterminé la direction moyenne et la vitesse de mouvement des zones de basses pressions, entre les limites des États-Unis, j'ai cherché à résoudre une question semblable pour les zones de hautes pressions. Comme je n'avais à ma disposition qu'une seule Carte du temps pour chaque jour, j'ai fréquemment éprouvé des difficultés pour suivre la marche des zones de hautes pressions d'une journée à l'autre, et c'est pourquoi j'ai basé mon étude sur les cartes mensuelles publiées par le chef du Corps des Signaux des États-Unis. Parmi ces cartes, j'en ai trouvé trois qui donnent les trajectoires des zones de hautes pressions pour un mois en particulier, savoir: août 1873, décembre 1874 et janvier 1875. Voici, pour ces trois mois, les directions et vitesses moyennes des zones de hautes pressions:

MOIS.	DIRECTION.	VITESSE en milles à l'heure.	HAUT — BAS.	
			DIRECTION.	VITESSE.
Janvier 1875. . . .	E 2° N	21.0	7° S	— 5.7
Août 1873.	E 41° S	18.9	46° S	+ 0.5
Décembre 1874 . .	E 18° S	28.5	25° S	— 0.8
Moyennes	E 12° S	24.8	21° S	— 1.2

La dernière ligne indique les moyennes pour les trois mois considérés, évaluées d'après le nombre de cas observés durant chaque mois.

Si l'on rapproche ces résultats de ceux que j'ai donnés dans mon article sur les zones de basses pressions (*Amer. Journ.* vol. X) on voit que, pour chaque mois, la direction de la haute pression est plus au S que celle de la basse pression. Ces différences sont indiquées dans la quatrième colonne. La cinquième colonne renferme les différences de vitesses pour chaque mois.

Ainsi, d'après les observations, tandis que la trajectoire moyenne des tempêtes, à l'E des Montagnes-Rocheuses, à travers les États-Unis, est inclinée, à l'E, de 9 degrés vers le N, la zone de hautes pressions avance en partant d'un point situé à quelques degrés au S de la région E, et avec une vitesse un peu inférieure à la première.

MINIMA MENSUELS DE LA TEMPÉRATURE.

J'ai donné, dans un premier article (*Amer. Journ.* vol. IX) un tableau des plus basses températures observées à New-Haven, pour chaque mois durant une période de trois années, ainsi que la hauteur du baromètre, la direction du vent et le degré de la nébulosité aux dates correspondantes. J'ai, en outre, exprimé l'opinion que ces basses températures devaient être dues, en partie, à la chute de l'air froid à l'intérieur de la zone de hautes pressions.

Cependant, comme diverses personnes attribuent ces basses températures à un courant d'air venu d'une latitude supérieure, il m'a paru devoir être instructif d'étudier le même phénomène dans une localité où il était impossible qu'il arrivât un courant d'air d'une latitude plus froide. Une telle localité doit se trouver au point correspondant à la température la plus basse de l'hémisphère boréal. Si maintenant nous consultons les cartes de Dove, nous voyons que, durant la saison d'hiver, Iakoutsk, en Sibérie, par 62°2' de latitude N, est situé très-près du centre de plus grand froid de l'hémisphère boréal. C'est pourquoi j'ai cherché un journal météorologique complet pour cette station. J'en ai trouvé un s'étendant de septembre 1844 à juin 1846, dans le *Voyage en Sibérie,* de Middendorff, 1er cahier, p. 28-49. Le tableau suivant renferme les résultats obtenus pour chaque mois de cette période.

Les colonnes de ce tableau indiquent :

1° La date du jour où s'est produit le minimum de température de chaque mois ;

2° La plus basse température de chaque mois, convertie en degrés centigrades ;

3° La direction du vent ;

4° La force du vent ;

5° L'état du ciel ;

6° La hauteur du baromètre ;

7° La hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois ;

8° La quantité dont la hauteur observée diffère de la hauteur moyenne du baromètre.

Il résulte, de l'examen de ce tableau, que le minimum mensuel de la température est presque entièrement indépendant de la direction du vent.

Plus basse température pour chaque mois à Iakoutsk (Sibérie), pendant les années **1844**, **1845** *et* **1846**.

DATES des minima.	TEMPÉRATURES minima.	DIRECTION du vent.	FORCE du vent.	ÉTAT du ciel.	PRESSION à la date.	PRESSION moy. du mois	DIFFÉRENCES.
					mm.	mm.	mm.
1844.							
30 sept.	— 19.5	NW	tr. faible	couvert	759.4	754.6	4.8
31 oct.	— 32.4	calme	O	clair	761.1	753.7	7.4
29 nov.	— 40.1	NNW	tr. faible	id.	764.0	757.6	6.4
18 déc.	— 42.6	calme	O	clair en partie	755.9	763.5	— 7.6
1845.							
16 janv.	— 42.4	SSW	tr. faible	clair	757.8	759.3	— 1.5
6 fév.	— 42.2	calme	O	id.	763.7	760.9	2.8
7 mars.	— 35.4	N	tr. faible	id.	764.4	756.5	7.9
5 avril.	— 29.1	S	id.	id.	764.6	752.4	12.2
13 mai.	— 22.0	W		couvert	751.6	748.8	2.8
9 juin.	— 18.3	E	faible	clair	742.3	745.9	— 3.6
30 juillet	— 15.1	NE	tr. faible	id.	753.9	746.3	7.6
21 août.	— 18.2	S	id.	id.	748.9	747.6	1.3
26 sept.	— 20.7	calme	O	clair en partie	757.1	754.6	2.5
31 oct.	— 31.9	NE	faible	id.	758.8	753.7	5.1
23 nov.	— 39.9	N	tr. faible	clair	767.0	757.6	9.4
25 déc.	— 40.7	NE	id.	id.	767.8	763.5	4.3
1846.							
10 janv.	— 41.6	NNE	faible	clair en partie	756.8	759.3	— 2.5
2 fév.	— 41.9	NNE	id.	id.	757.1	760.9	— 3.8
14 mars	— 33.3	SE	id.	clair	762.3	756.5	5.8
10 avril.	— 26.9	S	tr. faible	id.	757.0	752.4	4.6
3 mai.	— 27.5	N	faible	id.	757.2	748.8	8.4
9 juin.	— 16.4	WSW	id.	entièr. couv.	739.8	745.9	— 6.1

La direction N a été notée 10 fois ; S, 5 fois ; E, 7 fois ; et W, 5 fois.

Dans chaque cas (à l'exception d'un seul) le vent a été faible, et généralement très-faible. Dans les 2/3 des cas, le ciel était entièrement découvert, et dans 2 cas seulement, tout à fait couvert. Enfin dans les 3/4 des cas, le baromètre s'est tenu au-dessus de sa moyenne.

Pour toutes ces particularités, à l'exception de la direction du vent, le phénomène observé à Iakoutsk, est entièrement semblable à celui qu'on avait noté à New-Haven, de sorte que j'ai encore reconnu qu'il est toujours exact, que les périodes de froid extraordinaire sont, généralement, accompagnées d'une pression atmosphérique supérieure à la moyenne. En outre, il a été démontré (voir ce Journal, vol. IX) que, dans les zones de haute pression, le mouvement de l'air est extérieur à partir du centre de la zone, et que par suite, il doit se produire un mouvement intérieur, pour remplacer l'air qui s'échappe extérieurement.

En d'autres termes, il faut regarder comme un fait d'observation, que les périodes de froid insolite, sont généralement accompagnées d'une chute d'air venant des hautes régions de l'atmosphère.

INFLUENCE DES VENTS SUR LA TEMPÉRATURE, L'HUMIDITÉ ET LA PRESSION DE L'ATMOSPHÈRE.

Afin de déterminer l'influence des vents sur la température, etc., de l'atmosphère, j'ai choisi les observations météorologiques faites au *Girard College*, de 1840 à 1845. Ayant divisé une grande feuille de papier en 16 colonnes verticales, en tête desquelles se trouvaient les lettres N, NNE, NE,... indiquant les directions du vent, je commençai par les observations faites durant les mois d'hiver, à partir du 1er décembre 1840, et je trouvai que, pour cette première observation, le vent était de NW. La température correspondante fut comparée à la température moyenne du mois pour la même heure, et la différence fut inscrite, avec son signe algébrique, dans la colonne intitulée NW. Je procédai de la même manière pour chaque observation successive, durant les mois d'hiver, pour toute la

période des cinq ans. Je pris la moyenne de tous les nombres de chaque colonne, et l'inscrivis dans la deuxième colonne du tableau suivant.

Ces nombres démontrent clairement que les vents les plus froids sont du voisinage du NW, et les plus chauds du voisinage du SE. Mais comme la progression de ces nombres est quelque peu irrégulière, j'ai pris la moyenne de chaque série de trois nombres consécutifs de cette colonne, et l'ai inscrite dans la troisième. Ces nombres présentent une régularité remarquable, dénotant un minimum avec le vent de NW, augmentant ensuite d'une manière continue, jusqu'à un maximum avec le vent SE, et diminuant alors d'une manière continue, jusqu'au minimum. L'intervalle total des nombres de la troisième colonne est de 4° 7 C, tandis que l'intervalle extrême de ceux de la deuxième colonne est de 5° 6 C.

Influence des vents sur la température, l'humidité et la pression de l'atmosphère à Philadelphie.

DIRECTION du vent.	TEMPÉRATURE en degrés Centigrades.				TENSION de la vapeur en millimètres. Différences avec les moyennes.				PRESSION BAROMÉTRIQUE en millimètres.			
	MOYENNE d'hiver		MOYENNE d'été		MOYENNE d'hiver		MOYENNE d'été		MOYENNE d'hiver		MOYENNE d'été	
	observée.	calculée.	observée.	calculée.	observée.	calculée.	observée.	calculée.	observée.	calculée.	observée.	calculée.
N	—18.6	—18 5	—19.7	—19.5	—0.2	—0.1	—2.4	—2.1	762.9	762.1	760.7	759.6
NNE	—18.0	—18.0	—19.3	—19.4	0.1	0.1	—1.8	—1.8	761.8	762.3	760.5	761.0
NE	—17.0	—17.5	—18.9	—19.1	0.3	0.1	—1.1	—1.4	762.4	762.9	761.5	761.2
ENE	—17.5	—17.2	—19.1	—19.0	—0.1	0.3	—1.1	—1.0	762.3	762.8	762.2	762.0
E	—17.0	—16.3	—18.6	—18.7	0.6	0.5	—0.7	—0.7	761.2	762.4	762.4	762.4
ESE	—14.2	—15.3	—18.2	—18.4	1.4	1.1	—0.4	—0.1	761.2	761.0	762.8	762.4
SSE	—14.9	—14.4	—18.0	—18.0	1.3	1.5	0.8	0.6	759.7	759.7	761.7	761.4
SE	—14.1	—14.2	—17.3	—17.4	1.8	1.5	1.4	1.2	758.2	759.2	759.5	760.2
S	—14.7	—15.0	—16.9	—16.8	1.3	1.4	1.3	1.4	759.9	759.0	7 9.5	759.8
SSW	—16.0	—15.8	—16.5	—15.6	0.9	0.7	1.7	1.5	759.2	759.5	760.4	759.7
SW	—15.9	—15.6	—15.0	—15.5	0.7	0.7	1.7	1.4	759.2	759.1	759.2	759.4
WSW	—17.0	—16.1	—16.8	—15.7	0.6	0.2	0.9	1.0	758.6	759.7	758.9	759.2
W	—18.4	—18.2	—16.4	—16.8	—0.8	—0.4	0.3	0.1	760.9	760.0	759.7	758.9
WNW	—19.9	—18.9	—17.3	—17.6	—1.0	—0.8	—0.8	—0.8	759.9	760.0	757.9	758.9
NW	—18 5	—19.1	—19.3	—18.7	—0.6	—0.6	—2.1	—1.7	761.7	76 .0	758.9	758.9
NNW	—19.1	—18.7	—19.5	—19.5	—0 3	—0.4	—2.2	—2.2	761.7	762.1	759.7	759.7

J'ai procédé de la même manière pour les observations des trois mois d'été, et les résultats sont inscrits dans la quatrième colonne. J'ai pris ensuite la moyenne de chaque série de trois

nombres successifs de cette colonne, et l'ai inscrite dans la cinquième.

Afin de déterminer l'influence des vents sur l'état hygrométrique de l'air, j'ai pris les observations de la tension de la vapeur (exprimée en mm. de mercure) et comparé chaque observation avec la moyenne du mois pour la même heure. Les résultats pour les trois mois d'hiver sont inscrits dans la sixième colonne du tableau précédent, et les moyennes calculées se trouvent dans la septième. Les colonnes 8 et 9 renferment les résultats, obtenus de la même manière, pour les trois mois d'été.

Afin de déterminer l'influence du vent sur la pression atmosphérique, j'ai inscrit chaque observation du baromètre, dans la colonne du vent observé désigné en tête, puis j'ai calculé les moyennes des nombres de chaque colonne. Les résultats obtenus pour les trois mois d'été sont donnés dans les colonnes 12 et 13.

En examinant les nombres de ce tableau, on voit que, pendant l'hiver, la plus basse température, à Philadelphie, s'observe par un vent de NW, et pendant l'été, par un vent de N 15° W.

Si, maintenant, nous supposons une masse d'air transportée d'une latitude élevée, à une latitude plus basse, nous devons nous attendre à ce que sa température relative soit la plus basse lorsqu'elle se déplace perpendiculairement aux lignes isothermes. En tenant compte de cette règle, nous pouvons conclure que, pendant l'hiver, le vent le plus froid à Philadelphie doit venir de la région N 15° W, ce qui montre qu'il a commencé son mouvement à une distance de 600 milles de Philadelphie. Mais s'il partait d'une distance de plus de 1,000 milles de Philadelphie, le vent le plus froid viendrait de la direction N 30° W. Cependant, le vent le plus froid vient actuellement de la région N 45° W ; c'est-à-dire qu'en hiver à Philadelphie, le vent le plus froid souffle d'un point situé à 15° plus à l'O que la plus froide région par rapport à Philadelphie.

Si nous étendons la comparaison à une distance de 1,000 milles de Philadelphie, nous trouvons qu'en été, la plus froide région se trouve dans la direction N E ; mais si nous nous renfermons dans un cercle de moins de 600 milles de rayon, nous trouvons qu'une température sensiblement égale s'observe, dans toutes les directions,

entre les limites de N E et N 25° W. Mais le vent le plus froid observé souffle d'un point situé à N 15° W, c'est-à-dire dans les limites déterminées plus haut. En résumé, nous concluons qu'à Philadelphie, le vent le plus froid souffle presque exactement de la région la plus froide comprise entre 500 et 1,000 milles de Philadelphie, avec quelque probabilité, néanmoins, que la première direction est un peu plus à l'O que la dernière.

En hiver, le vent le plus chaud à Philadelphie souffle dans la direction S 40° E, tandis qu'en été, il souffle du SW. La première direction touche au Gulf-Stream, à peu près à son point le plus rapproché, et à une distance de 250 milles. En été, la région la plus chaude, entre 400 et 500 milles de Philadelphie, se trouve dans la direction S 30° W, tandis que le vent le plus chaud souffle d'un point situé à 15° plus à l'O. En résumé, les observations démontrent que les vents les plus chauds comme les plus froids, à Philadelphie, soufflent assez exactement des régions de maximum de chaud et de froid, mais c'est là une raison de soupçonner que ces directions ne sont pas tout à fait identiques.

On peut reconnaître, sur le tableau des minima mensuels de température de New-Haven, donné dans un article précédent (voir ce Journal, vol. IX) que le minimum mensuel moyen est inférieur de 13° 9 à la température moyenne du mois correspondant. Le dernier tableau qui vient d'être présenté, montre qu'une faible partie de cette diminution (savoir 2°, 8) peut être attribuée à l'influence de la direction du vent, mais cela nous laisse sans explication les quatre cinquièmes de l'effet total, qui doivent alors être attribués à l'influence d'autres causes.

Le tableau précédent montre que, en été comme en hiver, la force élastique de la vapeur d'eau à Philadelphie, est maximum avec le même vent qui amène la plus haute température, et minimum avec le vent qui détermine la plus basse température. Les écarts de cette règle sont trop petits pour donner quelque probabilité à ce que les discordances doivent entièrement disparaître, dans les moyennes de longues séries d'observations.

Comme l'air froid a une plus grande densité que l'air chaud, et que l'air sec a une plus grande densité que la vapeur d'eau, on

doit s'attendre à ce que le vent qui amène la température la plus basse et le moins de vapeur, doive produire la plus haute pression. Cependant nous reconnaissons, à l'inspection des tableaux précédents, que tel n'est pas le cas. En hiver, la plus haute pression s'observe par un vent de N E, ou peut être de N 55° E, tandis qu'en été, la plus haute pression s'observe par un vent d'E, direction faisant plus de 90° avec la zone la plus froide de l'horizon. De même, en hiver, la plus basse pression s'observe par un vent de S W, et en été, par un vent d'O, directions qui sont toutes deux le plus éloignées du point le plus chaud de l'horizon. Il paraît probable que l'excès de pression qui accompagne un vent d'E ou de N E, doit être le résultat de la haute pression barométrique qui précède généralement une tempête de N E.

VARIATION DIURNE DE LA QUANTITÉ D'EAU TOMBÉE.

Dans notre précédent Mémoire (voir ce Journal, Vol. X) j'ai fait remarquer une inégalité diurne dans le mouvement des tempêtes, et j'ai ainsi été conduit à supposer qu'il pouvait exister une inégalité diurne dans la chute de la pluie. En cherchant à appuyer cette conclusion à l'aide d'observations, j'ai trouvé une variation diurne marquée dans la pluie à Philadelphie, accusant un maximum vers 6 h. du soir et un minimum à 3 h. du matin. Les observations faites par le *Signal Service* des États-Unis, ne montrent pas de variation diurne bien sensible, ce qui provient peut-être de ce qu'elles ne se font que trois fois par jour. Dans les séries d'observations horaires faites dans sept stations de la Grande-Bretagne, j'ai reconnu la preuve de deux maxima diurnes et de deux minima diurnes.

Depuis la publication de mon précédent travail, j'ai trouvé dans la *Climatologie de Bohême*, par Kreil, les résultats de dix années d'observations faites à Prague (lat. 50° 5') qui indiquent une variation diurne marquée, offrant un maximum vers 4 h. du soir et un minimum vers 7 h. du matin, avec un second maximum beaucoup moins distinctement accusé. Le tableau suivant indique la quantité

moyenne annuelle de pluie, à Prague, déduite des observations de 1850 à 1859 :

Millimètres de pluie à Prague (Autriche).

HEURES.	PLUIE.	HEURES.	PLUIE.
Minuit	15.5	Midi	15.9
1 h. matin	14.7	1 h. soir	20.3
2 —	13.4	2 —	19.9
3 —	14.6	3 —	23.0
4 —	14.2	4 —	22.3
5 —	15.3	5 —	24.4
6 —	13.5	6 —	19.8
7 —	12.4	7 —	18.5
8 —	15.6	8 —	15.6
9 —	13.3	9 —	14.5
10 —	14.9	10 —	15.8
11 —	15.2	11 —	14.8

Ces nombres suivent une loi parfaitement semblable à celle des observations de Philadelphie, et nous conduisent à présumer qu'une loi semblable doit s'observer, dans la quantité de pluie tombée, sur une très-grande partie des États-Unis.

J'ai reçu la série complète d'observations horaires de pluie tombée en sept stations de la Grande-Bretagne, pendant l'année 1874. Dans beaucoup d'entre elles, il existe clairement deux périodes de maximum de pluie, mais l'instant du maximum paraît dépendre surtout de circonstances locales.

COMPARAISON DES TRAJECTOIRES DES TEMPÊTES EN AMÉRIQUE ET EN EUROPE.

Pour établir une comparaison entre les trajectoires des tempêtes en Amérique et en Europe, j'ai eu principalement recours aux documents suivants :

1° Cartes journalières du temps, du *Signal Service* des États-

Unis, de 1871 à 1875, et en particulier, cartes mensuelles indiquant les trajectoires des centres des tempêtes.

2° Atlas des mouvements généraux de l'atmosphère, rédigé par l'Observatoire impérial de Paris, embrassant un intervalle de 18 mois, de juin 1864 à décembre 1865.

3° Cartes synoptiques journalières, construites par M. N. Hoffmeyer, à Copenhague, embrassant un intervalle de 9 mois, de décembre 1873 à août 1874.

Afin de déterminer ce que l'on peut appeler la trajectoire moyenne du centre des tempêtes sur les États-Unis, j'ai divisé une grande feuille de papier par des colonnes verticales numérotées, 124°, 119°, 109°, etc., nombres indiquant les longitudes comptées de Paris. Je pris alors une des cartes mensuelles montrant les routes suivies par les centres de tempêtes, et en parcourant chacune des courbes, je déterminai à quelle latitude elles rencontraient les méridiens inscrits sur le tableau, et j'inscrivis les résultats dans la colonne appropriée à cet effet. Je procédai de la même manière avec chacune des cartes mensuelles, et je cherchai ensuite la moyenne des nombres de chaque colonne. Les résultats sont indiqués dans les deux premières colonnes du tableau suivant, dont la première renferme les longitudes comptées de Paris, et la seconde, les latitudes moyennes auxquelles chacun de ces méridiens est rencontré par la trajectoire des tempêtes. La courbe ainsi déterminée est figurée sur la carte ci-jointe et passe au centre du lac Érié. On voit que la direction moyenne des tempêtes n'est pas la même sur tous les méridiens. Les directions données dans un précédent Mémoire (voir ce Journal, vol. X,) doivent être regardées comme les directions moyennes des trajectoires des tempêtes sur la région qu'embrassent les observations des États-Unis ; et elles représentent très-sensiblement la direction moyenne pour la région dont la latitude est de 42° 30' et la longitude 83° 30' W Greenwich, c'est-à-dire, à très-peu près, la localité de Détroit (Michigan).

Je suivis une marche presque entièrement semblable avec les cartes de Paris, mais comme ces cartes n'indiquent généralement pas les lignes que parcourt, pour ainsi dire, le centre des tempêtes

Direction moyenne de la trajectoire des tempêtes.

CARTES DES ÉTATS-UNIS.		CARTES DE PARIS.		CARTES DE DANEMARK.		MOYENNES DE PARIS ET DE DANEMARK.	
LONGITUDES de Paris.	LATITUDES.	LONGITUDES de Paris.	LATITUDES.	LONGITUDES de Paris.	LATITUDES.	LONGITUDES de Paris.	LATITUDES.
124°	45.8°	60°–45°W	46.2°	60°–50°W	53.7°	55° W	50.0°
119	46.9	45—30	4 .5	50—40	59.5	45	52.9
109	44.7	30—15	47.5	40—30	61.8	35	54.2
99	42.2	15— 0	53.0	30—20	62.6	25	54.9
89	42.5	0—15 E	54.5	20—10	61.5	15	55.6
79	42.6	15—30	56.9	10— 0	63.1	5 W	58.3
69	45.2	30—45	51.4	0—10 E	58.9	5 E	56.7
64	45.9	»	»	10—20	57.8	15	56.9
»	»	»	»	20—30	61.6	25	59.0
»	»	»	»	30—40	61.2	35	56.8
»	»	»	»	40—50	58.5	45	55.0
»	»	»	»	50—60	55.3	55 E	53.3

d'un jour à l'autre, j'ai inscrit dans une colonne les latitudes de tous les centres des bourrasques entre les méridiens de 60° à 45° à l'O de Paris, puis, dans une autre, ceux qui se trouvaient entre les méridiens de 45° à 30° W, et ainsi pour chaque intervalle de 15° de longitude. Je déterminai alors la moyenne pour toutes les latitudes dans chacune des colonnes. Le résultat est inscrit dans les colonnes 3 et 4 du tableau précédent, et la trajectoire ainsi déterminée est tracée sur la carte ci-jointe. Cette courbe passe au-dessus de Dublin et peut être regardée comme formant continuation naturelle de la trajectoire déduite des observations d'Amérique. Ce résultat est sans doute accidentel et doit être attribué à ce fait, que dans le voisinage de la côte d'Amérique, les observations à l'aide desquelles ont été établies les cartes de Paris, étaient tirées d'une région située un peu au N des stations du *Signal Service* des États-Unis. Si les cartes de Paris avaient renfermé les observations du Labrador et du Groenland, la trajectoire moyenne des tempêtes aurait été beaucoup plus au N que dans le cas présent.

J'ai procédé d'une manière semblable avec les cartes d'Hoffmeyer, seulement j'ai choisi un intervalle de 10° entre les méridiens, et j'ai indiqué les résultats dans les colonnes 5 et 6. La trajectoire

ainsi déterminée se trouve à quelques degrés au N de la précédente, et cela provient de ce que les cartes renferment les résultats d'observations faites au Groenland et en Islande, aussi bien que celles des latitudes plus méridionales. Afin de déduire un résultat moyen des cartes françaises et danoises, je les ai combinées dans des séries particulières ; les résultats obtenus sont inscrits dans les colonnes 7 et 8 du tableau précédent. La trajectoire ainsi déterminée est indiquée sur la carte ci-jointe, et passe par l'extrémité N de l'Écosse.

Afin de montrer la relation entre les trajectoires des tempêtes et la hauteur moyenne du baromètre, j'ai tracé sur la même carte trois autres lignes barométriques. On sait que la hauteur moyenne du baromètre au niveau de la mer varie avec la latitude de la station. Sur la région équatoriale de l'Océan Atlantique, cette hauteur moyenne du baromètre est de 30 p. environ (762.0). Si nous traversons l'Atlantique vers le N à partir de ce point, la pression augmente, et à une latitude de 30°, elle devient 767.08 environ. Ensuite la pression diminue jusqu'à 751.84 près du 70^{me} degré de latitude, à partir duquel la pression augmente, à mesure qu'on s'avance vers le N.

Un résultat à peu près semblable s'observe en suivant un méridien, depuis l'équateur jusqu'au pôle Nord, mais le maximum de la pression n'est pas le même sur tous les méridiens ; et pareille circonstance s'observe, également, pour le minimum de pression. La ligne sinueuse dessinée au bas de la carte ci-jointe, indique la ligne de plus haute pression moyenne variant, sur les divers méridiens, à peu près entre 762.0 et 767.1. La ligne sinueuse tracée en haut de la carte indique la ligne de plus petite pression moyenne, qui est de 751.8 environ sur le méridien de Greenwich, et qui augmente un peu, si l'on s'éloigne de ce méridien, soit à l'E, soit à l'O. Ces lignes ont été tracées principalement d'après les données recueillies par M. Alexandre Buchan (voir les *Phil. Trans.*, d'Edimbourg, vol. XXV).

On peut observer que dans toutes les stations près du bord médional de la carte, la pression moyenne de l'atmosphère est supérieure à ce qu'elle est plus au N, et cette circonstance suffit, généra-

lement, pour produire une région moyenne de vent du S vers le N, quoique le vent se transporte d'une région plus chaude vers une région plus froide. D'un autre côté, dans les stations situées près du bord septentrional de la carte, la pression moyenne de l'atmosphère est un peu supérieure à ce qu'elle est plus au S, et cette force, combinée avec une température moyenne plus basse, détermine une zone de vent du N au S. Ce sont là des causes permanentes, de production de vents de directions opposées, près des bords supérieurs et inférieurs de la carte, et ce doivent être des causes permanentes de tempêtes indépendantes de ces inégalités de pression, qui résultent de circonstances d'une nature plus locale.

La trajectoire moyenne des tempêtes, lorsque ces dernières s'avancent d'Amérique vers l'Europe, est probablement modifiée par la ligne de plus grande pression moyenne. Cette ligne occupe une position plus septentrionale en Europe qu'en Amérique, et ce doit être la raison pour laquelle les trajectoires des tempêtes se dirigent vers le N à mesure qu'elles s'avancent d'Amérique vers l'Europe. Ce ne sont, probablement, que les moindres particularités qu'on peut observer, dans les modifications que la ligne de plus grande pression moyenne doit faire éprouver à la trajectoire des tempêtes ; mais, au lieu d'attacher de l'importance à des coïncidences qu'on peut démontrer être accidentelles, il est plus prudent d'attendre, et de voir si ces particularités sont confirmées par les observations ultérieures.

OSCILLATIONS DU BAROMÈTRE A DIVERSES LATITUDES.

M'étant proposé de déterminer dans quelle région du globe les oscillations du baromètre étaient le plus grandes, j'ai préparé un tableau indiquant l'oscillation moyenne mensuelle du baromètre dans le plus grand nombre possible de stations de l'hémisphère N ; quelques-uns des chiffres du tableau suivant ont été tirés de la *Météorologie* de Kämtz, éditée par C. V. Walker, p. 298. Les autres données ont été recueillies, par mes soins, à d'autres sources indiquées dans la dernière colonne, et quelques-uns de ces nombres

ont été déduits de la discussion attentive de plusieurs années d'observations. La quatrième colonne indique l'oscillation moyenne mensuelle du baromètre, pendant les trois mois d'hiver, et la cinquième colonne, la même oscillation pour les trois mois d'été.

Oscillation moyenne mensuelle du baromètre en hiver et en été.

STATIONS.	LATITUDE N.	LONGITUDE de Paris	OSCILLATION barométrique HIVER. m m	OSCILLATION barométrique ÉTÉ. m m	AUTORITÉS.
Van Rensselaer Harbor.	78° 37'	70° 13'W	37.7	18.5	Kane et Schott.
Northumberland Sound.	76 52	99 20W	28.3	18.6	Belcher.
Canal de Wellington. .	75 31	94 30W	28.7	14.9	Belcher.
Ile Melville.	74 47	113 8W	30.9	17.6	Parry.
Upernavik (Groenland).	72 48	58 13W	35.7	17.7	Collect. Met. 5 an. d'ob
Vardö (Norvége).	70 22	28 47 E	43.4	23.9	Met. lag. 2 ann. d'obs.
Boothia Félix.	70 3	94 12W	31.2	22.8	Ross. 2 ann. 1/2 d'obs.
Alten (Finmark).	69 58	20 42 E	36.1	23.1	Rép. Ass. Brit. 1848-50
Kaafiord (Finmark) . . .	69 56	20 45 E	37.8	23.1	Gaimard. 3 ann. d'obs.
Tromsö (Norvége). . . .	69 39	16 38 E	43.2	20.1	Met. lag. 1 ann. d'obs.
Jacobshaven (Groenl.)..	69 12	53 20W	37.8	23.1	Collect. Met. 10 a. d'ob.
Bodö (Norvége).	67 17	12 4 E	48.3	23.4	Met. lag. 2 an. d'obs.
Fort Confidence Br.N.A.	66 54	121 9W	33.4	»	Athabasca obs. 7 mois.
Tornea (Finlande). . . .	65 51	21 54 E	38.4	21.6	Kämtz.
Haparanda (Suède). . .	65 51	21 51 E	42.5	22.6	Met. lag. 1859-69
Gothaab (Groenland). . .	64 10	54 13W	35.8	17.5	Collect. Met. 3 an. d'ob
Naes (Islande).	64 9	24 20W	41.6	24.7	Obs. Met. 15 an. d'obs.
Uméa (Suède).	63 50	7 58 E	39.4	22.1	Kämtz.
Christiansund (Norvége)	63 7	5 25 E	41.7	23.6	Met. lag. 9 an. d'obs.
Hernosand (Suède). . .	62 38	15 37 E	41.8	22.8	Met. lag, 1859-69
Aalesund (Norvége). . .	62 29	3 49 E	42.1	14.1	Met. lag. 9 an. d'obs.
Dovre (Norvége). . . .	62 5	6 47 E	39.4	22.1	Met. lag. 5 an. d'obs.
Jakoutsk (Sibérie). . . .	62 2	127 22 E	25.7	20.3	Kämtz.
Fahlun (Suède).	60 36	13 17 E	41.7	21.3	Met. lag. 1859-69.
Abo (Russie).	60 27	19 59 E	36.6	19.8	Kämtz.
Bergen (Norvége)	60 24	2 58 E	41.9	22.9	Kämtz, et Met. lag.

Les abréviations qui désignent les autorités sont les suivantes :

Observations de Kane, réduites par Schott; — Expédition de Belcher 1852-54 ; — Premier voyage de Parry ; — Collectanea Meteorologica ; — Meteorologik Iagttagelser i Norge ; — Deuxième expédition arctique de Ross ; — Répertoire de l'Association britannique ; — Météorologie de Gaimard ; — Observations d'Athabasca ; — Météorologie de Kämtz, p. 298 ; — et Observationes Meteorologicæ.

Comme quelques-uns de ces nombres n'ont été déduits que d'une seule année d'observations, et que par conséquent ils ne doivent pas représenter les moyennes avec beaucoup de précision, j'ai essayé de les combiner de manière à obtenir quelques valeurs normales. J'ai résumé toutes les observations au N du 70^{me} parallèle en une moyenne générale, et j'ai fait une seconde moyenne de toutes les observations recueillies entre les latitudes de 60° et de 70°. J'ai aussi divisé les observations de Kämtz (*Mét.* p. 298) en groupes semblables, embrassant chacun 10 degrés de latitude, savoir, de 60° à 50°; de 50° à 40°, etc., et j'ai ainsi obtenu les valeurs normales indiquées dans le tableau suivant:

Oscillations mensuelles du baromètre (valeurs normales).

LATITUDE	HIVER	ÉTÉ	MOYENNES D'HIVER.	HIVER O—M	MOYENNES D'ÉTÉ.	ÉTÉ O—M
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
6° 12'	2.8	2.7	3 2	— 0.4	2.9	— 0.2
15 40	5.0	4.0	5.9	— 0.9	4.1	— 0.1
24 10	10.8	6.0	10.3	+ 0.5	6.5	— 0.5
34 57	16.8	9.1	17.5	— 0.7	10.0	— 0.1
46 2	27.2	14.1	26.1	+ 1.01	14.4	— 0.3
54 13	33.4	18.8	32.5	+ 0.9	17.5	+ 1.3
64 46	39.3	21.9	39.8	— 0.5	21.1	+ 0.8
74 9	34.1	19.8	44.5	—10.4	24.4	— 4.6

Les oscillations d'hiver, jusqu'au 65^{me} parallèle, sont assez bien représentées par la formule

$$W = 1.890 \sin^2 L + 0.104 \cos^2 L$$

et les oscillations d'été par la formule

$$S = 1.000 \sin^2 L + 0.104 \cos^2 L.$$

Les différences entre les valeurs observées (O) et les valeurs calculées (M) sont indiquées dans les colonnes 5 et 7 du tableau

précédent. Ces résultats démontrent un accroissement régulier de l'oscillation moyenne mensuelle jusque près du 65^{me} degré de latitude, après quoi l'oscillation diminue à mesure qu'on s'avance vers le N. Le terme 0.104 $\cos^2$ L, représente approximativement l'oscillation diurne du baromètre, l'autre terme des formules varie comme le carré du sinus de la latitude L, et cette loi d'accroissement se maintient assez exacte jusqu'à la latitude de 65°. La partie de l'os-

Tempêtes de l'Océan Atlantique d'après les cartes de Maury.

80 W	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5 W O
60											60 16 27	102 38 37	123 35 28	117 31 27	78 12 15	30 5 10
55								150 57 38	420 111 26	510 140 27	694 169 24	850 159 19	932 117 12	1260 152 12	1393 133 10	583 46 8
50				126 11 9	288 28 10	919 121 13	1242 209 17	1570 369 24	1740 277 16	1627 242 15	1539 165 11	1478 160 11	1312 156 12	920 85 9	313 13 4
45	1820 126 7	3249 260 8	2544 266 11	2679 269 10	2419 241 10	1863 280 15	1581 234 15	1119 127 11	732 66 9	396 58 15	269 44 16	168 16 9	128 9 8	67 1 1	0
40	243 8 4	4193 607 14	2974 475 16	1797 393 22	1393 177 13	1100 115 10	773 62 8	480 28 6	349 27 8	242 23 9	341 35 10	268 5 2	302 24 8	340 7 2	334 9 3	225 14 6
35	1534 126 8	2265 231 10	1645 137 8	766 65 9	723 72 10	860 71 8	986 60 6	893 48 5	747 27 3	392 25 6	175 4 2	129 0 0	223 9 4	77 0 0	3 0 0	
30	1945 81 4	1393 30 2	1137 57 5	948 17 2	394 17 4	351 6 2	564 5 1	726 9 1	958 61 6	663 6 1	299 8 4	153 0 0	87 6 7			
25	316 12 4	380 9 2	262 4 2	650 7 1	637 6 1	262 6 2	265 9 3	452 18 4	806 4 0	664 25 4	338 0 0	136 0 0	15 0 0			
20	243 4 2	320 2 1	152 0 0	183 0 0	459 1 0	541 4 1	326 1 0	302 10 3	449 6 1	711 13 2	638 8 1	159 0 0	6 0 0			
15	65 0 0	0 0 0	53 1 2	53 0 0	96 1 1	387 0 0	594 1 0	508 0 0	415 3 1	667 9 1	835 21 3	622 0 0	225 0 0			
10					23 0 0	0 0 0	289 0 0	668 0 0	632 0 0	739 3 0	1667 5 0	1109 0 0	483 0 0	716 0 0	80 0 0	70 0 0
5 N O						0 0 0	95 0 0	421 0 0	613 0 0	1004 0 0	2004 0 0	1262 0 0	335 0 0	167 0 0	362 0 0	233 0 0

cillation barométrique représentée par le premier terme des formules est l'effet des tempêtes, et l'oscillation diminue dans l'intérieur du cercle arctique.

Ces résultats semblent démontrer que sur l'hémisphère boréal, les tempêtes augmentent en nombre à mesure qu'on s'avance vers le N aux environs du 60^{me} degré de latitude, et peut-être encore plus loin. Le même résultat ressort de la carte des tempêtes du N de l'Atlantique, dressée par Maury, et dont j'ai résumé les conclusions sous forme de tableau, joint à ce Mémoire. L'Océan étant divisé en carrés (ou rectangles, pour la représentation typographique) au moyen de parallèles de latitudes et de méridiens de longitudes, comprenant des intervalles de 5°, on a inscrit trois nombres dans chacun de ces carrés. Le premier nombre indique combien on a recueilli d'observations dans le carré en question, chaque observation correspondant à une période de 8 heures. Le second indique combien on a noté de bourrasques, et le troisième, combien on a noté, en moyenne, de bourrasques dans chaque série de 100 observations. Ainsi, dans le carré compris entre les 40^{me} et 45^{me} parallèle de latitude N, et les méridiens de 45° à 50° de longitude W de Greenwich, on compte 1,863 observations faites dans ce carré, 280 bourrasques observées et 15 °/$_0$ de bourrasques. A l'inspection de ce tableau, on reconnaît que sur chaque méridien, la fréquence des bourrasques augmente avec la latitude jusqu'à la plus haute latitude à laquelle on a recueilli des observations.

TEMPÊTES SUIVIES A TRAVERS L'OCÉAN ATLANTIQUE.

Lorsque des tempêtes pénétrent du continent américain, sur l'océan Atlantique, elles éprouvent, généralement et en peu de jours, de grandes modifications, et elles se fondent fréquemment dans d'autres tempêtes qui paraissent avoir pris naissance sur l'Océan, de sorte qu'on peut rarement établir l'identité d'une tempête lorsqu'elle traverse entièrement l'océan Atlantique. J'ai indiqué ci-après les seuls cas dans lesquels les cartes de France et de Danemark, embrassant une période de 27 mois, aient permis de tracer assez exactement la marche des tempêtes à travers l'Atlantique.

1. — 30 novembre, 11 décembre 1864. Trajectoire allant de Terre-Neuve à l'Irlande.
2. — 20 avril 3 mai 1865, du Labrador à l'Irlande.
3. — 26-29 mai 1865, du golfe Saint-Laurent à l'Irlande.
4. — 2-10 octobre 1865, du cap Cod à l'Irlande.
5. — 11-17 octobre 1865, de Terre-Neuve à l'Irlande.
6. — 1 - 5 mars 1874, de la baie d'Hudson au cap Nord.
7. — 14-17 avril 1874, de la baie d'Hudson à la Norvége.
8. — 16-23 avril 1874, du golfe Saint-Laurent à la Norvége.
9. — 23-30 mai 1874, du golfe Saint-Laurent à la Norvége.
10. — 1-4 août 1874, du golfe Saint-Laurent au cap Nord.
11. — 12-17 août 1874, de la baie d'Hudson à la Norvége.

Si les observations de chaque jour étaient assez nombreuses pour indiquer les courbes isobares sur toutes les régions de l'océan Atlantique, on pourrait sans doute suivre bien des tempêtes depuis l'Amérique jusqu'en Europe, mais il est à présumer que de telles circonstances ne doivent pas se présenter, en moyenne, plus d'une ou de deux fois par mois. Les tempêtes d'Europe prennent généralement naissance très-loin à l'E du continent américain, et elles deviennent aussitôt assez violentes pour entraîner dans leur rayon d'action une légère dépression barométrique qui s'éloigne de l'Amérique.

VITESSE DES TEMPÊTES SUR L'OCÉAN.

La vitesse moyenne des tempêtes sur l'océan Atlantique, déduite de 134 observations, sur les cartes de France, a été trouvée de 19.3 milles à l'heure ; et de 49 observations sur les cartes de Danemark, de 20.3 milles à l'heure ; ce qui donne, pour les deux séries de cartes, une moyenne de 19.6 milles à l'heure. La vitesse moyenne des tempêtes des États-Unis, déduite de 485 observations, a été trouvée de 26 milles à l'heure. Un nombre considérable d'observations faites en Europe avait conduit le professeur Mohn à une vitesse moyenne de 26.7 milles à l'heure. Ces divers nombres démontrent que les tempêtes traversent l'océan Atlantique avec une vitesse beaucoup moindre que sur le continent Américain et

sur l'Europe ; il paraît devoir en résulter que le déplacement d'une tempête n'est pas seulement l'effet d'une simple dérivation de l'atmosphère ; c'est pourquoi il semble probable que le mouvement moyen de l'atmosphère dans la direction E doit être aussi rapide sur l'océan Atlantique que sur l'Amérique du Nord.

TEMPÊTES DU 29 JANVIER AU 8 FÉVRIER 1870 SUR L'OCÉAN ATLANTIQUE.

Une série de tempêtes d'une violence inaccoutumée ont passé sur l'Atlantique, entre le 29 janvier et le 8 février 1870 ; leur description a été publiée par le capitaine Henri Toynbee, de l'Office météorologique de Londres.

Le 30 janvier, une zone de basses pressions couvrait la Nouvelle Écosse ; le 31, elle se trouvait à l'E de Terre-Neuve ; le 1er février, elle s'était réunie à une autre tempête qui dura quelques jours sur la région E.

Le 2 février, une deuxième tempête se produisait près de Terre-Neuve ; le 3, elle s'était avancée à 700 milles vers l'E ; le 4, elle s'était fondue dans une autre tempête de la côte.

Le 5 au matin, une troisième tempête apparaissait près du centre de l'Atlantique, où elle se développa avec une extrême rapidité, dans l'intervalle d'un jour, bien que les observations n'indiquassent pas une grande perturbation atmosphérique dans le temps. L'isobare de 29 p. (736.6) est dessinée sur la carte ci-jointe. Dans l'après-midi du même jour, une tempête se mêla avec une autre tempête dans la région E, et il en résulta un des plus violents ouragans qu'on ait éprouvés sur l'océan Atlantique. A 6 h. du soir le baromètre était tombé à 27 p. 33 (694.17) chiffre le plus bas qui ait jamais été observé sur cette région de l'Atlantique, d'après le capitaine Toynbee. La carte qui accompagne cette notice représente l'isobare de 29 p. (736.6) le 6 au matin, moment où cette courbe avait 1,000 milles de diamètre, tandis que celle de 30 p. (762.0) en avait 2,000. Pendant près de deux jours, la tempête s'avança lentement vers le SE, en même temps que son intensité diminuait notablement. La carte ci-jointe représente l'isobare de 29 p. 5

(749.3) le 8 février au matin. Dans l'intervalle de ces trois jours, le centre de la tempête s'était déplacé de 900 milles seulement, c'est-à-dire avec une vitesse moyenne d'environ 12 milles à l'heure.

APPLICATION DE LA FORMULE DE FERREL.

Le professeur Ferrel a donné, dans le vol. VIII de ce Journal, p. 343, une formule qui permet de calculer la dépression barométrique résultant d'une violente tempête. En divisant la dénomination de cette formule par le nombre de pouces par mille, et en supposant que le vent est animé d'un mouvement circulaire, cette formule devient

$$G = \frac{V \sin L}{250} + \frac{V^2}{131\ R}$$

dans laquelle G est exprimé en pouces, tandis que V et R sont exprimés en milles.

J'ai appliqué cette formule à la tempête du 5 février 1870, et indiqué les résultats dans le tableau suivant. Les colonnes indiquent :

1° Les isobares choisies comme base de comparaison ;

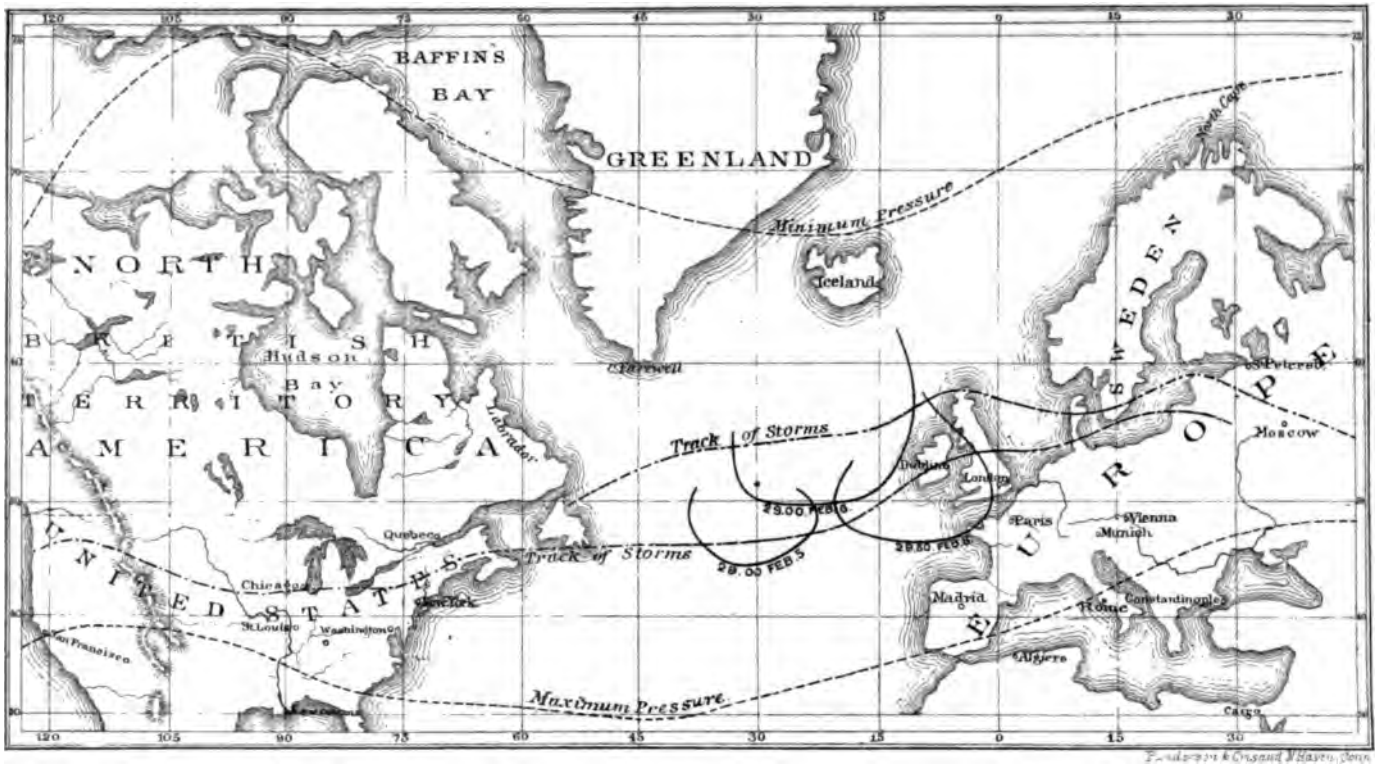
2° Le rayon de chaque isobare, déterminé aussi exactement que possible d'après les observations du mémoire du capitaine Toynbee ;

3° La vitesse du vent, exprimée en milles, sur chacune de ces isobares. Les vitesses ont été obtenues en prenant la moyenne de diverses observations correspondant aux pressions barométriques indiquées dans la première colonne. Ces vitesses ont été traduites en nombres à l'échelle de Beaufort (0-12) et réduites en milles au moyen de la Table de Scott (*Met. Instruments*. p. 58) ;

4° Le gradient de 100 milles calculé à l'aide de la formule précédente, pour les points situés au milieu de l'intervalle des diverses isobares choisies. Si le gradient est supposé se maintenir à une distance égale à l'intervalle des isobares, cela doit indiquer une variation de pression barométrique presque la même que celle qui

STORM OF FEB. 5-8 1870

PLATE V.



est actuellement observée. Dans l'intérieur du cercle, le gradient calculé doit représenter la dépression barométrique observée, si l'on suppose que près du centre de la tempête il existe une très-grande masse d'air tournoyant avec une vitesse décroissante.

Ex. 1. *Temp. du* 5 *fév.* 1870 *sur l'Océan Atlantique. Lat.* 51° 3' *N.*

BAROMÈTRE RÉDUIT.	RAYON DE L'ISOBARE en milles.	VITESSE DU VENT en milles.	GRADIENT de 100 milles.
694.17	0	90	
711.19	60	66	1.79
723.89	200	59	0.42
736.59	400	52	0.25
749.29	680	45	0.18
762.00	1020	38	0.15

J'ai fait une application semblable de la formule à deux violents cyclones, de récente apparition sur le littoral des États-Unis. Les résultats sont indiqués ci-après.

Dans le cyclone de Punta Rassa, les vitesses de 90 et 70 milles qui furent atteintes, s'accordent assez bien avec les vitesses observées ordinairement ; celles de 50 et 35 milles sont un peu plus grandes que celles qu'on observe à la surface du globe ; cependant on peut supposer qu'elles ont été les vitesses réelles à une certaine hauteur, assez faible, au-dessus du sol.

Les vitesses supposées au cyclone d'Indianola ont été les vitesses observées ou évaluées à Indianola.

Ex. 2. *Tempête du* 6 *octobre* 1873 *à Punta-Rassa. Lat.* 27° *N.*

BAROMÈTRE RÉDUIT.	RAYON DE L'ISOBARE en milles.	VITESSE DU VENT en milles.	GRADIENT de 100 milles.
	0	90	
736.60	50	70	2.10
749.30	200	50	0.33
762.00	650	35	0.11

Ex. 3. *Tempête du* 16 *septembre* 1875 *à Indianola. Lat.* 28° 31' *N.*

BAROMÈTRE RÉDUIT.	RAYON DE L'ISOBARE en milles.	VITESSE DU VENT en milles.	GRADIENT de 100 milles.
	0	90	1.00
749.30	100	60	0.15
762.00	500	35	

Voici maintenant un exemple d'une grande tempête continentale, d'une violence inaccoutumée. La troisième colonne indique la plus grande vitesse du vent observée dans une station voisine des isobares inscrites dans la première colonne ; la quatrième, indique la vitesse obtenue en déterminant les gradients inscrits dans la cinquième colonne.

Ex. 4. *Tempête du* 18 *novembre* 1873 *à New-England. Lat.* 41° *N.*

BAROMÈTRE RÉDUIT.	Rayon de l'isobare en milles.	Vitesse du vent en milles		GRADIENT de 100 milles.
		Observée.	Calculée.	
	100	50	56	0.24
736.60	300	57	48	0.15
749.30	700	27	40	0.10
762.00	1200	28	30	

TEMPÊTES STATIONNAIRES.

Lorsque le centre d'une tempête a traversé les États-Unis et s'est transporté de Nouvelle-Écosse à Terre-Neuve, on trouve souvent sur les cartes du temps des États-Unis, pour les deux ou trois jours suivants, le mot *low* écrit sur le coin NE de ces cartes, ce qui semble indiquer que le centre de la tempête est demeuré sensiblement stationnaire durant cette période. Les cartes de Danemark (de décembre 1873 à août 1874) démontrent, d'ailleurs, que parfois le centre d'une tempête reste sensiblement stationnaire pendant quelques jours.

1^er^ cas. Du 5 au 8 mars 1874, une violente tempête se déplaça du Nouveau Mexique vers la vallée du Saint-Laurent. Le 9, le centre de cette tempête était un peu au N d'Halifax ; le 10, il se trouvait presque exactement à la même place ; le 11, il s'était transporté à environ 400 milles au NE ; le 12, il s'était déplacé de 200 milles au S ; le 13, il avait parcouru 200 milles vers le N ; le 14, il s'était transporté à 200 milles au S ; et le 15, il se trouvait à 700 milles au NE. Ainsi, dans l'intervalle de 5 jours (du 9 au 14 mars) le centre de la tempête s'était avancé de moins de 350 milles, c'est-à-dire avec une vitesse de moins de 3 milles à l'heure ; et, durant les 4 premiers jours, la dépression barométrique fut plus grande qu'elle n'avait été le 8.

2^me^ cas. Du 26 au 30 avril 1874, une tempête traversa les États-Unis, depuis le Colorado jusqu'à la vallée de St-Laurent. Durant le dernier jour (1^er^ mai) la tempête fut stationnaire ; le 2, elle se déplaça un peu vers le SE ; le 3, un peu vers l'E, et le 4 elle atteignit St-Jean, à Terre-Neuve. Ainsi, le centre parcourut 775 milles en 4 jours, ce qui donne une vitesse moyenne de 8 milles à l'heure ; et, dans la première moitié de cet intervalle de temps, le mouvement moyen dépassa à peine 4 milles à l'heure.

Note. — J'ai été secondé, dans la préparation des matériaux de ce Mémoire, par M. Edward S. Cooles, *graduate of yale College of the class of* 1873.

CINQUIÈME MÉMOIRE

Présenté à l'Académie nationale des sciences de Washington, le 19 avril 1876.

(Extrait du *Journal américain des Sciences et des Arts*. Vol. XII, juillet 1876).

Résultats de la discussion des observations du Service des Signaux des États-Unis, ainsi que d'autres documents.

ABAISSEMENT DE LA TEMPÉRATURE ET PÉRIODE DE FROID EN DÉCEMBRE 1872.

Dans mon deuxième Mémoire (voir ce Journal, vol. IX), j'ai appelé l'attention sur le froid extraordinaire ressenti durant les derniers jours de décembre 1872. A cette époque, je n'avais d'autres données, sur cette question, que les quelques chiffres inscrits sur les cartes journalières des temps, et je ne pouvais y attacher grande confiance, à cause du grand nombre d'erreurs télégraphiques qui affectaient les observations des stations les plus importantes. Aujourd'hui que les observations du *Service des Signaux* ont été publiées dans tousleurs détails, l'étude des phénomènes relatifs à cette période peut se faire avec toute l'exactitude désirable.

La température de décembre 1872 sur les États-Unis n'a pas été extraordinairement basse avant le milieu de ce mois. Dans la matinée du 16 décembre, le ciel était couvert depuis le lac Michigan jusqu'au lac Ontario, ce qui pronostiquait un abaissement de la pression dans le voisinage de cette région. Une zone de haute pression existait alors sur le Dakota, où la plus haute pression atteignit 30p51 (774,94): une zone de températures basses s'étendait sur ces parages, à peu près concentriquement à la première, et la température la plus basse était de 13° au-dessous de la moyenne de décembre. A 4 heures du soir une zone

de basses pressions s'étendait autour de Buffalo comme centre (756,15), avec un peu de neige et de pluie, et à 11 heures du soir, elle atteignait la côte de l'Atlantique.

Le 17 au matin, la haute pression du Dakota s'était transportée vers le SE et avait son centre à Cincinnati (773,07). La température était, dans le voisinage, à 8° au-dessous de la moyenne de décembre. Au même moment, un autre centre de haute pression apparaissait près de la limite N du Dakota, où le baromètre atteignait 771,90 et où la température s'abaissait à 13° au-dessous de la moyenne. Le 18 au matin la pression atteignait 778,25 sur le Dakota, et la température était de 24° inférieure à la moyenne. Durant la journée du 18, la zone de haute pression s'étendit vers le SE et le 19 au matin, elle suivait, comme une ligne de faîte, une direction partant de la frontière N du Dakota et aboutissant à la côte d'Atlantique près du cap May, où la pression était de 775,20. Le plus grand abaissement de température eut lieu, toutefois, à l'O du lac Huron, d'où s'étendait, vers les Montagnes Rocheuses, la zone de froid. En même temps une bourrasque, venue du Texas, se dirigeait vers le NE, et le 20 au matin elle était centrale sur le lac Ontario (baromètre 772,92). Sous l'influence de cette tempête; la haute pression du 19 fut resserrée vers le NE, et la température s'éleva dans toute la zone de la tempête ; mais, en même temps, une nouvelle zone de haute pression se formait en Dakota (baromètre 771,40) et le thermomètre baissa de 19° au-dessous de la moyenne. Dans la journée du 20, cette zone de haute pression se déplaça vers le S, et le 21 au matin son centre était par 42° de latitude, et la pression s'était élevée à 780,28. Le froid était alors devenu intense, et s'étendait sur une vaste région ; le plus grand abaissement de température avait été de 22° 8 au-dessous de la moyenne, et la zone de baisse de 16° 7 (30° F) s'étendait à partir des Montagnes Rocheuses jusqu'au lac Michigan, à une distance de 1500 milles. Elle atteignait, au S, le 38° parallèle, et au N, les limites des États-Unis.

Le 22 au matin, une zone de haute pression s'était formée près des Montagnes Rocheuses, en Wyoming (barom. 751, 84), et la zone de haute pression se trouvait refoulée au SE, où elle avait

son centre à Cincinnati (barom. 778,51). La zone de froid s'était considérablement élargie, et avançait vers le S et vers l'E. Le froid fut le plus vif à Port-Stanley, sur le lac Érié, ou l'abaissement de température s'étendait du golfe du Mexique au Canada, et depuis la cité de New-York jusqu'au 97° degré de longitude W. (Greenwich).

La tempête du 22 avançait vers l'E, et le 23 au matin, elle était centrale sur le lac Huron. En même temps, une zone de haute pression se formait en Dakota et en Minnesota (baromètre 777,24) accompagnée d'un froid très-intense. A La Crosse, la température baissa de 21° 7 au-dessous de la moyenne, et la zone de 20° F (11° 1) d'abaissement de température s'étendait du lac Huron aux Montagnes Rocheuses, et du 37° parallèle au S de l'Amérique anglaise jusqu'au N.

Le 23, un centre de bourrasque apparaissait en Oregon, et le 24 au matin le baromètre atteignait 740,41 à Portland (Oregon). Sous l'influence de cette tempête, la zone de haute pression et de basse température, à l'E des Montagnes Rocheuses, fut refoulée à l'E. Le 24 au matin, la plus haute pression s'observait à La Crosse (783,59) et la zone de pression de 772,16 s'étendait de 100° de longitude (Greenwich) à New-York, et du 34° parallèle au S de l'Amérique anglaise jusqu'au N. La première carte indique les isobares à cette date, pour chaque dixième de pouce de variation de pression. Le plus grand abaissement de température fut observé à Saint-Louis, 25° 0 au-dessous de la moyenne, et la zone de 20° F (11° 1) d'abaissement de température s'étendait du golfe du Mexique à l'Amérique anglaise, et du 102° méridien (Greenwich) à la Nouvelle-Écosse. La seconde carte indique les courbes, tracées à des intervalles de 5° F (2° 8) indiquant de combien la température en chaque localité fut au-dessus et au-dessous de la moyenne de décembre.

Le 25 au matin, la tempête venue de l'Oregon avait traversé les Montagnes Rocheuses, et refoulé la haute pression du 24 un peu plus loin vers l'E. La pression était alors maximum sur le lac Ontario (778,76). La zone de froid s'étendait du Texas à la Nouvelle-Écosse, et l'abaissement de température atteignait 23° 3

sur le lac Ontario, et 17°8 à Indianola, sur le golfe du Mexique. Une tempête se trouvait alors formée sur la région E du Golfe du Mexique, accompagnée en Floride et le long de la côte d'Atlantique, d'une forte pluie qui se changeait en neige à mesure qu'on avançait vers le N.

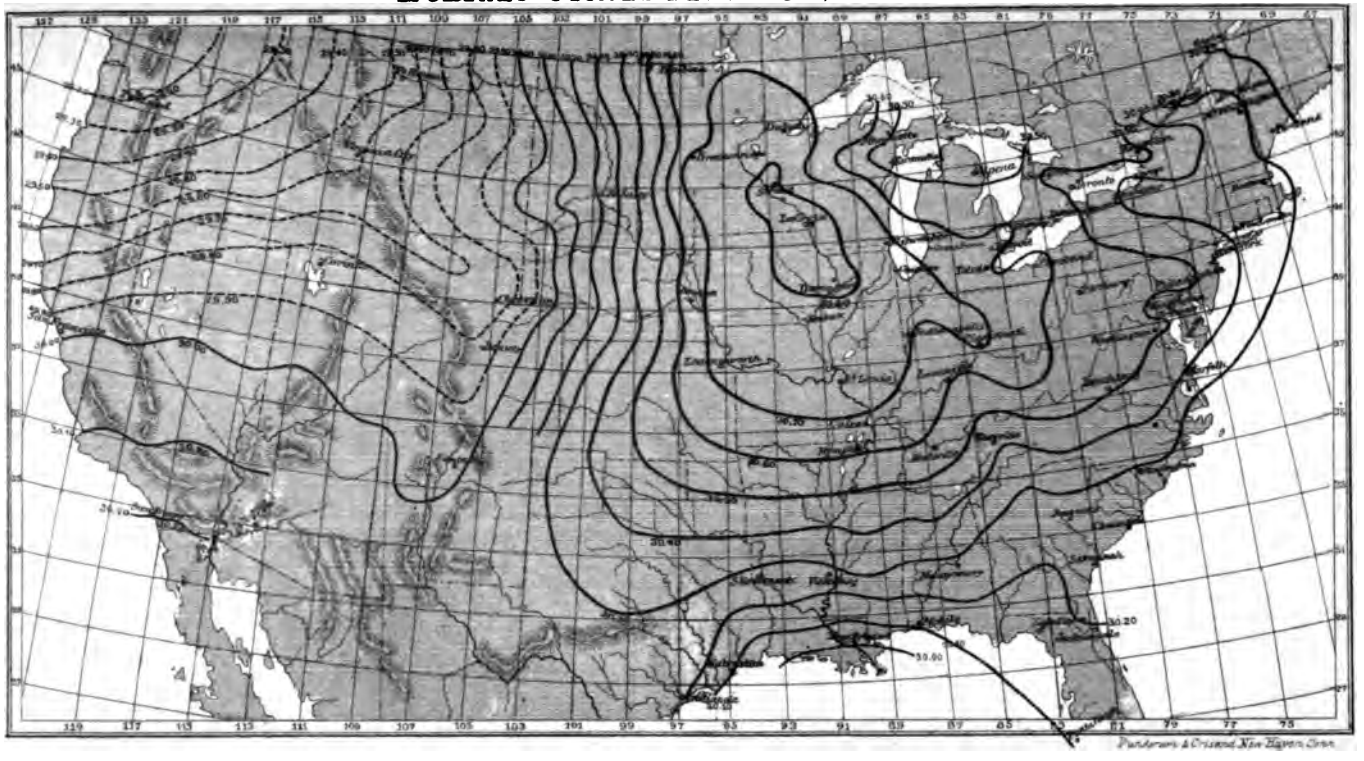
Le 26 au matin, le centre de cette tempête était sur l'Océan Atlantique, près de Norfolk Va. (barom. 748,28). En même temps, une autre zone de haute pression s'était formée sur le Minnesota (785,37), accompagnée d'une dépression du thermomètre atteignant 17°2. Le 27 au matin, cette zone de haute pression était demeurée sans changement sensible dans sa valeur ni sa position, mais l'abaissement de température avait atteint 20°6 sur plusieurs points. Durant la journée du 27, la haute pression diminua un peu et se déplaça vers le SE. Le 28 au matin, le centre de haute pression se trouvait sur le Tennessee (777,50) et la plus grande baisse du thermomètre était de 16°1. Un autre centre de tempête s'était déjà formé au NW ; il atteignait la vallée du Mississippi le 29 au matin, et alors, en neuf stations à l'O du Mississippi, il produisit un abaissement de température de plus de 9°.

Le tableau ci-joint renferme les changements de température observés du 16 au 27 décembre. La deuxième colonne indique la température moyenne de décembre dans les stations désignées dans la première, et les colonnes suivantes indiquent la différence entre la température moyenne du mois et la température observée chaque jour à 7 heures 35 minutes du matin. A ce moment, la température est de 2°2 inférieure à la température du jour, de sorte que les nombres donnés dans ce tableau devraient tous être augmentés de 2°2 environ, pour indiquer l'abaissement au-dessous de la température moyenne, à l'heure d'observation. Les abaissements de température mentionnés dans la description précédente ont tous été extraits de ce tableau. (Voir pages 88 et 89.)

On reconnaît, à l'inspection de ce tableau, que sur les points de la côte du Pacifique (Portland (Or.), San Francisco, San Diego), l'abaissement ne dépasse pas une fois 6°7, et qu'à Corinne, la

ISOBARIC CURVES DEC 24 1872, 7 35 A.M

PLATE VI.



seule station l'O des Montagnes Rocheuses, la plus grande baisse fut de 12° 2. Il en résulte, évidemment, que l'extrême froid, éprouvé au Dakota ne pouvait provenir des Montagnes Rocheuses, ni certainement d'un point au S du parallèle de 49°. Durant la période en question, le froid intense parut uniformément se manifester à l'E des Montagnes Rocheuses, près du méridien de 100° (W. Greenwich). On ne peut assigner, avec certitude, au moyen des observations, à quelle latitude la baisse du thermomètre au-dessous de la moyenne fut maximum. La plus grande diminution observée n'a pas toujours été constatée dans la station septentrionale, ce qui semble indiquer qu'il s'agit d'une source de froid indépendante du transport de l'air d'une plus haute latitude à une plus basse. Lorsqu'une zone d'air froid est une fois formée, elle offre une constance remarquable dans sa forme et dans sa position. Dans son mouvement vers le S, elle suit exactement le versant E des Montagnes Rocheuses, et à un certain moment une baisse de 17° s'étend entièrement à travers les États-Unis, depuis le Canada jusqu'au golfe du Mexique à Indianola; mais, à Charleston et à Norfolk, sur le littoral de l'Atlantique, la plus grande baisse est de 13°; et en général, la plus grande baisse, dans les stations à l'E, est moindre que dans les stations à l'O à la même latitude.

Ces résultats pourraient servir à expliquer les faits relatés dans mon troisième Mémoire (voir ce Journ., vol. X) dans lequel j'ai montré qu'une grande variation diurne de la température est la plus fréquente dans les stations situées près du versant E des Montagnes Rocheuses. L'onde froide fait sa première apparition dans cette région, et l'intensité du froid diminue sensiblement, à mesure que l'onde se meut vers l'E. On peut citer comme exemple de ce fait, relatif au climat variable du versant E des Montagnes Rocheuses, celui qui se présenta le 24 décembre 1872. Denver se trouvait à ce moment à la limite de la zone de froid qui s'étendait des Montagnes Rocheuses à la Nouvelle-Écosse, et durant la nuit du 23 au 24, le thermomètre tomba à — 16° 7. Le 24, Denver commença à ressentir l'influence de la tempête qui s'avançait de l'Oregon, et ce jour-là, le thermomètre atteignit 12° 7, ce qui représente une variation de 29° 4 en un jour, et il est probable

Observations du thermon

STATIONS.	Température moyenne de décembre.	DEGRÉS AU-DESSUS (+) OU AU-DESSOUS (—) DE LA TEMPÉRATURE									
		16 déc.	17 déc.	18 déc.	19 déc.	20 déc.	21 déc.	22 déc.	23 déc.	24 déc.	25 déc.
Portland (Oregon)	+ 3.9	— 3.9	— 3.3	— 2.8	— 2.8	0	— 2.3	+ 3.9	»	+ 6.7	+ 5.
San Francisco..	+11.1	— 5.0	— 6.1	— 6.1	— 6.1	— 5.6	— 3.3	— 5.0	— 1.7	+ 1.7	+ 4
San Diego.....	+12.8	— 5.6	— 1.7	— 6.7	— 5.0	— 5.6	— 5.0	— 6.7	— 2.8	0	0
Corinne	— 2.2	— 6.7	— 3.3	— 0.6	—11.1	0	—12.2	+ 3.3	+ 3.9	+ 7.8	+ 4.
Virginia City...	— 7.2	— 0.6	— 5.0	—11.1	—13.3	—10.6	—20.6	+ 6.1	—20.0	— 3.9	+ 7.
Fort Benton....	—11.7	— 2.8	— 6.7	—24.4	— 8.3	—10.0	—22.8	— 6.1	—14.4	— 7.8	—10.
Santa Fe.....	— 0.6	— 6.1	— 5.6	— 9.4	— 8.8	—9. 4	— 4.4	— 7.2	— 4.4	— 5.6	+ 2.
Denver.....	— 3.3	— 7.8	—11.1	—10.6	—15.6	—8. 3	—17.2	+ 7.8	—10.6	— 4.4	+10.
Cheyenne.....	— 3.3	—10.6	—12.2	— 3.3	—18.3	—15.0	—18.3	+ 3.3	—17.8	0	+ 6.
Fort Sully.....	—10.6	—10.0	— 3.3	—13.3	—15.0	—14.4	—21.1	— 6.1	—20.0	— 9.4	— 7.
Pembina.....	—23.0	»	—13.9	—13.9	—11.8	—14.4	—17.2	— 6.7	—16.7	—18.3	— 5.
Indianola.....	—12.2	— 5.6	— 6.1	— 2.8	— 3.9	— 8.9	— 3.9	—12.2	— 4.4	—15.0	—17.
Omaha	— 6.7	— 9.4	— 6.7	— 6.1	—10.6	—12.2	—20.0	— 5.0	—18.9	—17.8	— 9.
Breckenridge...	—15.6	—11.1	—11.1	—17.8	—15.0	—18.9	—20.0	— 7.8	—20.6	—13.9	— 8.
Leavenworth...	— 3.3	— 8.3	— 9.4	— 8.3	— 8.3	—16.1	—15.6	— 8.3	—16.7	—21.6	—14.
Galveston.	+13.3	— 4.4	— 6.7	— 2.2	+ 3.8	— 6.7	— 5.6	—11.7	— 3.8	—11.7	—16.
Shreveport	+ 8.3	— 5.0	— 5.6	— 5.0	— 5.6	— 9.4	—11.7	—15.0	— 2.8	—13.9	—16.
Saint-Paul.....	—11.7	— 8.8	— 3.3	— 8.8	—13.9	—10.0	—16.7	— 6.1	—18.9	—20.0	— 8.
Duluth.....	—11.7	—11.7	— 7.8	—14.4	—16.1	—13.9	—18.3	—16.1	—20.6	—21.7	— 6.
Keokuk	— 3.3	— 8.9	— 8.9	— 4.4	—12.2	—14.4	—15.0	—13.9	—17.8	—23.9	—16.
La Crosse.....	— 8.3	—13.9	— 7.2	— 9.4	—14.4	—15.6	—22.2	—16.1	—21.6	—24.4	—11.
Vicksburg.....	+ 9.4	+ 4.4	— 6.1	— 2.8	— 3.9	— 5.0	— 9.4	—16.1	— 3.9	—11.7	—15.
Davenport.....	— 5.0	— 6.1	— 8.3	— 5.6	—11.7	—10.6	—15.0	—15.0	—16.7	—22.2	—12.
Saint-Louis.....	— 0.6	— 4.4	— 8.3	— 2.8	— 6.1	—11.7	—13.3	—18.9	—12.8	—25.0	—18.
Memphis	+ 3.9	— 3.3	— 6.7	— 2.8	— 5.0	— 7.8	—10.6	—16.1	— 7.2	—18.9	—15.
New Orléans...	+12.8	+ 1.6	0	+ 5.6	+ 1.1	— 1.1	— 7.2	—13.3	— 5.0	+ 1.1	— 8.
Cairo.....	+ 1.7	— 5.0	— 8.9	— 3.9	— 3.9	—11.1	—10.0	—20.6	— 1.2	—21.7	—16.
Mobile.....	+10.6	+ 2.8	+ 0.6	+ 4.4	+ 1.7	+ 0.6	— 9.4	—13.3	— 5.0	— 0.6	— 7.
Milwaukee	— 6.1	— 3.9	— 7.8	— 5.0	—13.3	— 9.4	—17.2	—18.3	—18.9	—23.3	— 9.
Chicago	— 4.4	— 2.8	— 8.3	— 0.6	—13.9	— 6.7	—13.3	—18.9	—17.8	—24.4	— 9
Marquette.....	— 7.8	— 9.4	— 8.3	—11.7	—15.0	— 6.7	—20.0	—21.1	—15.6	—17.8	— 8.
Escanaba.....	— 8.9	— 5.6	— 8.9	—10.0	- 14.4	— 6.7	—20.0	—13.3	—18.9	—20.0	— 8.
Nashville.....	+ 3.9	+ 2.2	— 5.0	0	— 3.3	— 2.8	—10.0	—20.0	— 7.8	—17.2	—10.
Montgomery....	+ 8.9	+ 3.3	+ 2.2	+ 8.3	+ 1.1	+ 1.1	— 8.9	—15.0	— 7.2	— 1.7	— 3.
Grand Haven...	— 3.3	+ 3.3	— 2.8	— 3.8	—11.7	— 6.1	—10.6	—16.7	—15.6	—20.0	—14.
Indianapolis	— 1.1	— 3.3	—10.6	— 2.7	— 6.7	— 3.8	—15.0	—21.7	—12.8	—22.8	—17.
Louisville	+ 1.7	— 1.7	— 7.2	— 1.1	— 3.3	— 3.8	—10.6	—16.1	— 6.7	—19.4	—13.
Cincinnati.....	+ 1.1	— 0.6	— 7.8	— 3.3	— 3.3	— 2.2	— 9.4	—20.0	— 6.7	—18.3	—17.

du 16 au 27 décembre 1877.

S.	Température moyenne de décembre.	DEGRÉS AU-DESSUS (+) OU AU-DESSOUS (—) DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE											
		16 déc.	17 déc.	18 déc.	19 déc.	20 déc.	21 déc.	22 déc.	23 déc.	24 déc.	25 déc.	26 déc.	27 déc.
. ...	+ 3.3	+ 1.1	— 1.7	+ 1.1	— 1.7	+ 5.0	— 6.1	—18.9	—10.6	— 5.6	— 5.6	— 2.8	—13.3
.....	— 2.2	— 5.0	— 8.3	— 2.2	— 8.3	— 3.9	—12.8	—23.9	—10.6	—20.6	—12.2	—11.1	—12.8
.....	— 5.0	— 5.6	— 7.8	— 6.1	—10.0	— 0.6	— 9.4	—20.0	—13.9	—18.3	—10.0	—10.0	— 5.6
.....	— 3.9	— 3.9	— 7.2	— 1.7	— 5.0	— 2.2	—10.6	»	— 8.3	—21.7	—10.6	—10.0	—11.1
.....	+11.1	— 2.2	+ 1.7	+ 6.1	+ 6.7	+ 8.3	0	—11.1	—10.6	— 2.2	+ 2.2	— 5.0	—13.3
■....	+18.3	— 1.7	— 1.1	+ 0.6	0	+ 1.7	— 2.2	— 7.2	— 5.6	— 1.7	+ 1.1	+ 0.6	— 3.3
.....	+ 7.8	0	+ 3.3	+ 3.3	+ 1.1	+ 0.6	— 3.8	—11.1	—12.8	— 3.8	— 8.9	— 8.9	—12.2
.....	+21.1	— 1.7	+ 0.6	+ 1.1	+ 1.1	+ 2.2	— 2.2	— 2.8	— 1.8	— 1.1	+ 2.2	+ 1.8	— 1.8
.....	+12.2	— 3.9	— 0.6	+ 3.9	+ 3.3	+ 6.7	0	— 9.4	— 9.4	— 3.8	+ 1.1	— 5.6	—12.2
.....	— 2.2	— 3.3	— 6.1	— 1.1	— 2.8	+ 2.2	— 8.9	—22.2	— 7.2	—16.1	—13.3	— 7.2	—12.7
.....	— 2.2	— 2.2	+ 5.0	— 5.6	— 6.7	— 3.3	— 6.7	—15.0	—11.1	—13.3	—15.0	—13.3	—15.6
.....	— 2.2	— 6.7	— 8.3	— 3.8	—10.6	— 1.7	—11.1	—24.4	— 8.9	—20.6	—12.8	—12.2	—12.2
.....	+10.0	— 2.2	+ 5.0	+ 7.2	+ 1.7	+ 6.1	— 0.6	—11.1	— 6.1	— 4.4	— 2.2	—10.0	—13.9
.....	— 2.2	— 6.1	— 7.8	— 2.8	— 0.3	— 1.7	—11.7	—22.8	— 8.3	—20.6	—13.9	—11.7	—15.0
.....	+ 9.4	— 0.6	+ 5.0	+ 1.1	+ 0.6	+ 6.1	+ 0.6	— 8.9	— 6.7	— 2.2	— 9.4	— 8.9	—10.0
.....	— 0.6	— 1.7	— 7.2	— 2.8	— 5.6	+ 7.8	— 6.7	—20.0	— 6.1	—16.7	—14.4	— 5.0	—12.2
.....	— 5.0	— 4.4	— 5.6	— 1.1	— 5.0	+ 5.0	— 7.2	—18.3	— 6.7	—15.6	—13.3	—13.3	—13.9
.....	+ 2.2	0	+ 1.1	— 2.2	— 2.2	— 1.7	— 4.4	—14.4	— 8.9	—10.0	—14.4	—10.0	—11.7
.....	— 1.7	— 1.1	— 2.8	— 3.3	— 3.9	+ 5.0	— 6.1	—16.7	— 6.7	—15.0	—12.8	— 7.8	— 9.4
.....	+ 7.8	0	»	— 1.7	— 1.7	+ 6.1	— 1.1	— 8.3	—13.9	— 4.4	—10.6	— 6.7	— 6.7
.....	— 3.9	— 1.7	— 3.3	— 5.0	+ 0.6	+ 6.1	— 7.8	—17.8	— 6.7	—13.3	—13.3	—12.2	—11.7
.....	+ 1.7	— 1.1	— 1.7	— 3.9	— 3.9	+ 1.1	— 5.6	—17.2	— 3.9	—15.0	—15.0	—11.1	—12.8
.. ..	+ 1.7	— 0.6	0.0	— 2.2	— 0.6	+ 0.6	— 3.3	—15.0	— 3.9	—13.3	—11.7	—10.0	—11.1
.....	— 2.2	— 2.2	— 1.1	— 3.3	— 0.6	+ 2.2	— 3.3	—11.1	— 7.8	— 1.1	—15.6	—11.7	—12.8
.....	— 6.1	— 0.6	— 1.7	+ 2.2	— 2.2	0	— 3.3	—15.6	— 2.8	—21.1	—23.3	»	—15.0
.....	+ 4.4	— 1.1	+ 0.6	0	— 2.8	+10.0	— 3.9	— 9.4	— 6.1	—10.0	—10.6	— 2.2	—10.6
.....	+ 0.6	— 1.7	— 1.1	— 1.7	— 1.1	+ 3.9	— 3.3	—15.0	— 5.0	—12.2	—15.6	—13.3	—13.3
.....	+ 1.1	+ 3.9	— 1.1	+ 1.1	— 2.2	+ 5.6	— 3.9	—12.2	— 2.2	—12.8	—12.2	— 1.7	—12.2
.....	0	— 1.1	— 0.6	— 0.6	— 1.1	+ 3.3	— 1.7	—10.0	— 7.8	—11.7	—23.3	—13.3	—11.1
.....	— 8.9	+ 0.6	+ 2.7	+ 2.2	— 1.1	+ 1.7	— 1.7	— 5.0	— 6.7	—14.4	—17.8	—16.1	— 8.9
.....	— 5.6	— 2.2	+ 2.7	— 2.7	— 0.6	+ 1.7	+ 0.6	— 7.8	—10.0	—15.6	—20.0	—18.9	—13.3
.....	— 1.7	— 3.9	— 0.6	— 3.9	— 2.8	+ 4.4	— 0.6	— 8.3	— 4.4	—11.1	—14.4	—13.9	—11.7
■..	—14.4	+ 0.6	+ 2.2	+ 0.6	— 3.3	— 0.6	— 2.2	— 2.8	— 5.6	—13.9	—13.9	— 5.6	+ 1.1
.....	—10.9	— 6.1	+ 2.8	— 2.2	— 5.0	— 1.1	— 3.3	+ 0.6	—11.7	—15.6	—20.0	—18.9	—10.0
.....	— 2.2	— 3.9	— 0.6	— 2.8	— 1.1	+ 3.3	+ 1.7	— 5.0	—10.6	—10.6	—10.6	—14.4	— 9.4
.....	— 5.0	— 6.1	— 2.8	— 5.0	+ 0.6	+ 3.3	0	— 2.2	—10.6	—11.7	—22.2	—14.4	— 6.7
...	— 3.9	— 5.0	— 0.6	— 9.4	— 0.6	— 6.1	+ 5.0	— 3.3	— 9.4	— 8.9	—16.7	—12.8	— 1.1

que la variation totale s'opéra en moins de 24 heures. Des cas analogues doivent fréquemment s'observer près du versant E des Montagnes Rocheuses, et les variations de température y sont beaucoup plus subites que près du littoral de l'Atlantique, par le fait que le froid qui suit une tempête est beaucoup plus intense que dans la région E des États-Unis.

On peut observer que, du 23 au 27 décembre, l'abaissement de la température au sommet du Mont Washington (altitude 1917^{m}) fut, en général, moindre que dans les autres stations du voisinage. Le 24, la température fut à peu près la même au sommet et à la base; mais, le 26, elle fut, au sommet, moindre de 20° que près de la base, ce qui démontre qu'à ce moment, l'épaisseur verticale de la couche d'air froid ne devait pas dépasser 9000 pieds (2745^{m}).

Les variations de température observées du 16 au 27 décembre 1872, ont été semblables, dans leur marche générale, à celles qui se produisent chaque hiver, mais elles ont été remarquables par leur longue durée et par l'intensité inaccoutumée du froid. Quelle a pu être la cause de cette période prolongée de froid extrême? On peut à peine douter que cette basse température n'ait été, au moins en partie, due à des causes agissant en dehors des limites des États-Unis. Il est à remarquer que, durant cette période, le baromètre a été extraordinairement élevé, et qu'il y a eu une corrélation générale entre les courbes de haute pression et de basse température. Si nous pouvions découvrir la cause de la haute pression, nous trouverions probablement l'explication de la basse température.

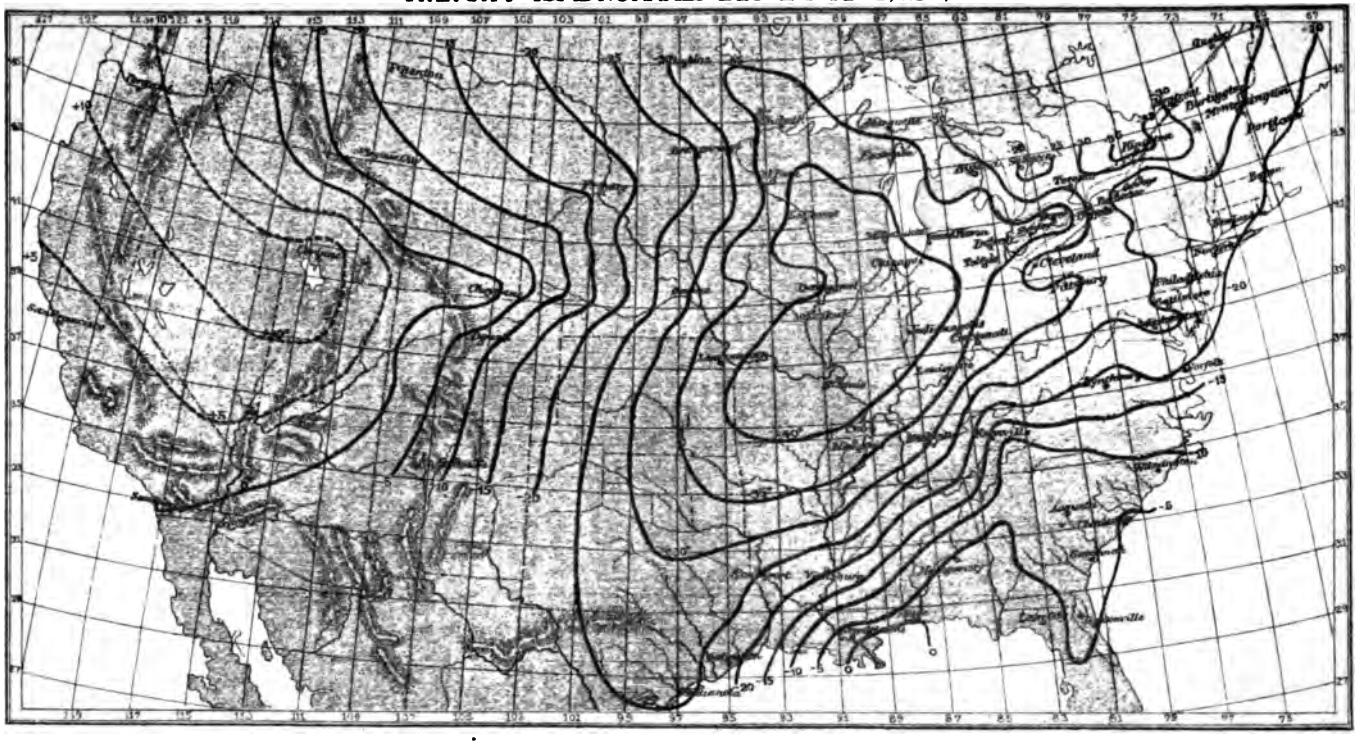
J'ai donné, dans mon troisième Mémoire (voir ce Journal, vol. X) un tableau indiquant combien de fois on a observé une zone de haute pression, en divers points d'une zone de basse pression, durant une période de trois années. Ces nombres sont les suivants :

Dans la direction	N	23 cas	Dans la direction	S	25 cas
—	NE	39 —	—	SW	20 —
—	E	90 —	—	W	37 —
—	SE	75 —	—	NW	19 —

On peut observer qu'on a trouvé une zone de haute pression à

THERMIC ISABNORMALS DEC 24 1872, 7.35. AM.

PLATE VII



l'E d'une zone de basse pression, près de trois fois plus souvent que dans la région W ; et on a trouvé au SE, près de quatre fois plus souvent qu'au SW. Ces nombres doivent être considérés comme s'appliquant aux cartes du temps des États-Unis, c'est-à-dire que les centres de haute et de basse pressions se trouvaient entre des limites restreintes l'un par rapport à l'autre, et que leur distance moyenne était de 1200 milles environ. La direction dominante est d'environ S 20° E ; en d'autres termes, toutes les fois qu'une zone de basse pression est formée dans les États-Unis, nous pouvons être à peu près certain qu'il existe, en même temps, une zone de haute pression à environ 1200 milles de distance, et dans une direction qui s'éloigne peu du SE.

Afin de déterminer dans quelle proportion cette coïncidence pouvait être le résultat de causes locales, j'ai examiné les cartes d'Hoffmeyer pour l'Océan Atlantique et l'Europe, et j'ai trouvé qu'une zone de basse pression, sur la partie N de la carte, est presque invariablement accompagnée d'une zone de haute pression sur la partie S de cette même carte. Dans près des trois quarts des cas examinés, la direction de la haute pression, à partir de la basse pression, est de SE, et la distance moyenne, de 1700 milles environ. Ces résultats ont été déduits d'un si grand nombre d'observations, qu'ils ne peuvent être purement fortuits, et qu'ils semblent indiquer l'action d'une véritable loi. Ils suggèrent naturellement l'idée, que les zones de haute pression sont constituées par de l'air qui est repoussé par des zones de basse pression, et que, en Europe, comme aux États-Unis, ce mode de production se manifeste principalement sur le côté SE des zones de basse pression. Les comparaisons que j'ai faites montrent aussi qu'en Europe la direction de la zone de haute pression, à partir de la basse pression, est plus au S qu'aux États-Unis, et que la distance est sensiblement plus grande.

Ces conclusions peuvent être vérifiées d'une autre manière. Une basse pression est généralement corrélative à une haute température, et une haute pression s'observe en même temps qu'une basse température. Par suite, nous concluons qu'une température au-dessus de la moyenne, en Islande, doit être

accompagnée d'une température au-dessous de la moyenne dans l'Europe centrale. Dans le but de faire cette comparaison, j'ai pris les tables données par le professeur Dove dans les Mémoires de l'Académie de Berlin. Elles renferment la température moyenne d'Islande pour chaque mois, de 1823 à 1837, période de quinze années, ainsi que la température moyenne de nombreuses stations d'Europe durant la même période. J'ai choisi tous les mois durant lesquels la température d'Islande était d'un degré (Réaumur) au moins supérieure à la moyenne, et j'ai inscrit en regard, dans le tableau, la température des mois correspondants à Vienne, à Berlin, à Prague et dans d'autres nombreuses stations disséminées sur toute l'Europe. Le nombre des mois sur lesquels porta cette comparaison s'éleva à 50, et, durant cette période, la température moyenne d'Islande a été de 2° 10 R. supérieure à la moyenne des mois correspondants. Durant les mêmes mois, la température de Vienne a été de 0° 94 R. inférieure à la moyenne, ce qui indique, entre les deux localités, une variation de température moyenne s'élevant à 3° 04 R. ou à 3° 8 C. Si nous avions restreint la discussion aux quatre mois de novembre à février, la différence aurait atteint 4° 8 C.

J'ai alors choisi tous les mois durant lesquels la température de Vienne avait été au moins d'un degré R. inférieure à la moyenne, et inscrit en regard la température d'Islande pendant la même période, et j'ai trouvé que, durant les quatre mois les plus froids de l'année, le résultat était de même nature et aussi nettement accusé que dans la première comparaison ; mais que, durant les mois les plus chauds, l'influence est beaucoup moins appréciable.

Des différences analogues, quoique moins grandes, ont été reconnues pour l'Autriche et l'Allemagne, et la même influence agit, à un degré moindre, en France, en Italie et sur une grande partie de la Russie. La période soumise à cette étude paraît assez longue pour permettre d'établir une loi, et je crois que nous pouvons conclure que, lorsque la température d'Islande est beaucoup au-dessus de la moyenne, la température de l'Europe centrale tombe généralement au-dessous de la moyenne, et que

cette influence est bien plus appréciable durant les mois les plus froids de l'année.

Les résultats ainsi obtenus pour les États-Unis et pour l'Europe suggèrent l'idée, que l'existence d'une zone de pression extraordinairement élevée, sur la région centrale de l'Amérique du Nord, peut être le résultat d'une tempête agissant à 1,500 ou 2,000 milles au NW. En nous reportant à la carte, nous trouvons que les Iles Aléoutiennes sont situées dans cette direction, et à une distance de 2,000 milles environ de l'Oregon. Nous savons, de plus, que dans le voisinage de ces îles, les tempêtes d'hiver sont extrêmement violentes, et que le baromètre se tient souvent à un point très-bas. Si nous avions des cartes indiquant les courbes isobares chaque jour dans les parages des îles Aléoutiennes, et s'étendant sur les régions centrales de l'Amérique du Nord, il est à présumer que nous trouverions qu'une basse pression, près de ces îles, est généralement suivie d'une zone de haute pression vers le SE, à une distance de 1,500 à 2,000 milles. Le rapport du chef du Corps des Signaux des États-Unis pour l'année 1873, renferme des observations météorologiques faites à l'île Saint-Paul (lat. 57° N., long. 170° W. Greenwich) ; mais je n'ai pas d'observations de l'intérieur de l'Amérique anglaise permettant d'établir une comparaison avec les précédentes ; il est néanmoins remarquable que, dans les quelques cas où l'on a observé, en 1872 et 1873, une pression extraordinairement basse dans l'île Saint-Paul, la pression était extraordinairement élevée en Oregon et en Dakota. En voici un exemple :

DATES.	SAINT-PAUL.	PORTLAND (Oregon).
1872		
13 novembre	759.96	775.21
14 —	746.76	775.97
15 —	738.38	777.24
16 —	738.63	774.96
17 —	747.52	775.21
18 —	728.47	778.26
19 —	726.95	776.74
20 —	736.10	776.22
21 —	746.26	772.16

Durant cette période de neuf jours, la pression moyenne a été de 774,70 à Portland (Oregon), tandis qu'elle était de 741,68 à Saint-Paul. De même, du 15 au 26 décembre 1872, la pression moyenne fut de 774,70 à Breckenridge (Minnesota), tandis que, durant la même période de temps, elle fut de 742,95 à Saint-Paul; le 18 décembre, le baromètre marqua 779,78 à Breckenridge et 712,47 à Saint-Paul.

FORME DES ZONES DE PLUS HAUTE ET DE PLUS BASSE PRESSIONS.

Dans de précédents Mémoires (voir ce Journal, vol. VIII et X), j'ai indiqué la forme moyenne des isobares près d'un centre de bourrasque, telle que je l'avais déduite de trois années d'observations. Depuis, j'ai fait une discussion semblable des observations des trois années 1873, 1874 et 1875, pour déterminer la forme des isobares dans une zone de haute pression. L'isobare choisie a été généralement celle de $30^p 20$ (767,08); mais, lorsque les observations ne suffisaient pas pour donner la forme complète de cette courbe, j'ai pris l'isobare de $30^p 30$ (769,62), à condition que la courbe fût presque entièrement complète. Lorsque ces isobares étaient toutes deux incomplètes, j'ai pris la plus haute courbe voisine dont la forme pouvait être déterminée d'une manière satisfaisante. Le nombre total des cas étudiés dans cette recherche a été de 238. On a mesuré le grand axe de chacune de ces isobares, ainsi que le petit axe perpendiculaire à celui-ci, et on a déterminé le rapport de ces deux lignes. On a trouvé, pour le rapport moyen entre les deux axes, le nombre 1,91. Dans quinze cas, le grand axe a été au moins trois fois égal au petit axe; dans deux cas, au moins quatre fois le petit axe; la plus grande valeur a été de 4,6. En d'autres termes, la forme moyenne des isobares dans l'intérieur d'une zone de haute pression est une ovale, dont le plus grand axe est sensiblement double du petit axe; et dans 6 p. 100 des cas observés, le grand axe est trois fois égal au petit axe, tandis que, dans 1 p. 100 de ces cas, le grand axe est quatre fois égal au petit axe.

Le rapport moyen entre les deux axes des isobares dans une

zone de basse pression a été trouvé de 1,94, et dans 4 p. 100 environ des cas observés, le grand axe a été trouvé quatre fois égal au petit axe.

La direction du grand axe de chaque courbe a été mesurée à l'aide d'un rapporteur, et comptée en degrés depuis le N vers l'E. Le tableau suivant indique le nombre de cas renfermé dans chaque intervalle de 10°. La première colonne désigne les directions divisées en intervalles de 10° ; la deuxième, le nombre des cas observés dans chaque intervalle. Afin d'éliminer l'influence des causes accidentelles, j'ai pris la moyenne de chaque série de trois nombres consécutifs de la deuxième colonne, et j'ai inscrit les résultats dans la troisième. Ces nombres accusent un maxi-

Position du grand axe des isobares.

DIRECTIONS.	ÉTATS-UNIS.				EUROPE.			
	HAUTE PRESSION		BASSE PRESSION		HAUTE PRESSION		BASSE PRESSION	
	Cas.	Moyenne.	Cas.	Moyenne.	Cas.	Moyenne.	Cas.	Moyenne.
0°—10°	19	15	17	12	7	5	2	3
10 —20	12	15	18	17	8	6	3	2
20 —30	14	17	15	22	4	6	2	2
30 —40	25	20	34	24	6	6	1	1
40 —50	21	25	23	26	7	7	1	1
50 —60	29	22	22	17	7	6	2	3
60 —70	17	17	7	15	4	5	7	5
70 —80	8	12	16	10	4	3	5	6
80 —90	11	7	8	13	1	2	5	4
90 —100	3	5	14	10	1	1	2	4
100 —110	2	3	9	10	1	2	5	3
110 —120	5	4	7	6	3	2	3	4
120 —130	6	5	3	6	3	4	5	3
130 —140	5	7	7	6	5	4	1	3
140 —150	9	7	8	8	3	3	2	1
150 —160	6	8	8	8	2	2	1	1
160 —170	9	10	8	9	1	4	1	2
170 —180	14	15	10	12	3	4	3	2

mum marqué, correspondant à la direction N 44° E. La quatrième colonne renferme les observations des isobares dans une zone de basse pression, comme elles ont été décrites précédemment, et la cinquième indique les moyennes de ces mêmes nombres, pris par séries de 3. Ces nombres accusent aussi un maximum marqué, correspondant à la direction N 39° E.

La parfaite concordance entre la forme moyenne des courbes de haute et de basse pressions, comme aussi dans la direction dominante du grand axe de ces courbes, paraît indiquer l'effet d'une cause constante. Afin de déterminer si ce phénomène était de nature locale, j'ai fait une discussion semblable des observations d'Europe. J'ai pris les cartes d'Hoffmeyer de décembre 1873 à novembre 1874, et mesuré la forme des isobares aux environs du centre de la tempête.

On n'étudia que les cas dans lesquels l'isobare était au moins de 740^{mm}. Cette isobare choisie pour les mesures à effectuer était rarement la plus faible isobare dessinée sur les cartes, mais c'était la plus haute, qui fût complète, ou à très-peu près complète, dans le voisinage du centre de la tempête. Le nombre de cas étudiés a été de 70, et la moyenne trouvée entre les deux axes, 1.60. La sixième colonne du tableau précédent indique le nombre de cas renfermés dans chaque dizaine de degrés d'azimuth, et la septième colonne, la moyenne de ces mêmes nombres par séries de trois.

On a mesuré d'une manière semblable, les isobares dans l'intérieur des zones de plus haute pression. On ne choisit que les cas dans lesquels il existait une isobare de 775^{mm} au moins, et ce fut généralement l'isobare adoptée pour les mesures; mais, si la carte renfermait une isobare, plus élevée et complète, ou à peu près complète, on adopta celle-ci de préférence. Le nombre de cas observés a été de 51, et le rapport moyen des axes a été trouvé de 1.82. Dans le tableau précédent, la huitième colonne indique le nombre de cas pour chaque dizaine de degrés d'azimuth, et la neuvième, les moyennes de ces mêmes nombres par séries de trois. (Voir page 95.)

Le tableau suivant indique le résumé des précédents résul-

tats, tant pour les hautes que pour les basses pressions, aux États-Unis et en Europe.

Résumé des résultats pour les isobares.

ÉLÉMENTS des ISOBARES.	BASSES PRESSIONS.		HAUTES PRESSIONS.	
	États-Unis.	Europe.	États-Unis.	Europe.
Rapport des 2 axes....	1.94	1.60	1.91	1.82
Direction habituelle du grand axe.....	N 39° E	N 31° E	N 44° E	N 76° E

Ce tableau suggèrerait des réflexions immédiates, mais je préfère les passer sous silence, jusqu'à ce que j'aie réuni de plus longues séries d'observations européennes.

INFLUENCE DE LA PLUIE SUR LES VARIATIONS DE LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.

J'ai montré, dans mes premiers articles (Voir le Journal, vol. VIII et X), une étroite dépendance entre la pluie et la direction, ainsi que la vitesse du mouvement des tempêtes. J'ai également essayé de déterminer (Vol. VIII) les indices auxquels on peut reconnaître si la pression barométrique augmente ou diminue au centre d'une tempête. Depuis que je reçois les observations publiées par le *Signal Service* pour onze mois (septembre 1872 à juillet 1873), j'ai résumé leur discussion, et découvert une connexion marquée entre la quantité de pluie tombée et la pression au centre de la tempête. Pour l'objet de cette discussion, j'ai divisé les tempêtes en trois catégories renfermant :

1° Les tempêtes au centre desquelles la dépression barométrique était la même durant deux jours consécutifs, ou variait de moins de $0^{p}05$ ($1^{mm}27$);

2° Les tempêtes au centre desquelles la pression décroissait de 0P05 au moins ;

3° Les tempêtes au centre desquelles la pression croissait de 0P05 au moins.

Le tableau suivant est le résultat de cette discussion portant sur 194 cas pour les onze mois d'observations.

Influence des variations de la pression barométrique.

VARIATION de la PRESSION.	PRESSION AU CENTRE.			QUANTITÉ DE PLUIE TOMBÉE		
	Nombre de cas.	Pression au centre.	Variation en 24 heures.	dans l'isobare de 759.46.	dans l'isobare de 756.92.	Quantité maximum.
Pression augmentant.	45	751.33	+ 25.4	1.7	2.0	16.5
— stationnaire.	81	750.82	— 0.1	3.0	3.5	21.8
— diminuant..	68	748.80	— 32.5	3.3	3.8	25.9

Les colonnes de ce tableau indiquent:

1° La nature de la variation de la pression ;

2° Le nombre de cas de chacune des trois catégories de tempêtes;

3° La pression moyenne au centre des tempêtes en question ;

4° La variation moyenne de la pression au centre de la tempête en 24 heures, affectée du signe + ou du signe — selon qu'elle augmente ou qu'elle diminue;

5° La quantité moyenne de pluie tombée en 8 heures dans toutes les stations renfermées dans l'isobare de 759.46 ;

6° La quantité moyenne de pluie tombée dans les stations à l'intérieur de l'isobare de 75.692;

7° La moyenne obtenue en prenant la plus grande quantité de pluie tombée, durant chaque tempête, à une des stations. Cette quantité maximum s'observait généralement près du centre de la tempête.

Ces résultats indiquent clairement que la quantité de pluie tombée est moindre, lorsque la pression au centre de la tempête va en augmentant, ou que la tempête diminue d'intensité; et que la quantité de pluie tombée est maximum, lorsque la pression décroît au centre de la tempête, ou que celle-ci augmente d'intensité. Nous arrivons aux mêmes conclusions, soit que nous prenions la quantité moyenne de pluie à toutes les stations renfermées dans l'isobare de 759.46; ou que nous nous bornions aux stations situées dans l'isobare de 756.92; ou que nous opérions uniquement, pour chaque station, avec les bulletins indiquant la plus grande quantité de pluie tombée. Le phénomène devient plus marqué durant les mois de froid de l'année.

TEMPÊTES STATIONNAIRES PRÈS DE LA CÔTE DE TERRE-NEUVE.

Dans un précédent article (Voir ce Journal, vol. XI), j'ai noté le fait que parfois des tempêtes demeurent absolument stationnaires pendant plusieurs jours près de la Nouvelle-Écosse ou de Terre-Neuve. J'attribue ce phénomène à une condensation insolite de vapeur dans le voisinage ; la vapeur est fournie par l'eau chaude du *Gulf-Stream*, et les terres élevées qui se trouvent près du littoral donnent des facilités pour la condensation de cette vapeur. Nous devons, par suite, nous attendre à ce que la quantité moyenne de pluie tombée dans le voisinage soit extrêmement grande. C'est le fait que démontre le tableau suivant, qui indique la quantité annuelle de pluie en diverses localités le long de cette partie du littoral. Je suis redevable de ces renseignements à M. G. T. Kingston, directeur du service météorologique du Canada.

On peut observer que, près du littoral S de Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve, il existe une ligne de stations où la quantité annuelle de pluie tombée varie de 1^m27 à 1^m524, tandis qu'à une distance de 200 à 300 milles de la côte, la quantité annuelle est de moins de 1^m016. De même, si nous suivons le littoral des États-Unis vers le S jusqu'à Washington, nous trouvons que, presque partout, la quantité moyenne de pluie tombée dépasse 1^m143. La condensation sur la côte E de Nouvelle-Écosse

et de Terre-Neuve est par suite, excessive, et elle est parfois suffisante pour maintenir une tempête sensiblement stationnaire pendant quelques jours.

Pluie annuelle en Nouvelle-Écosse et dans le voisinage.

STATIONS.	LATITUDE N	LONGITUDE W Greenwich.	MOYENNE annuelle de pluie.	NOMBRE d'années.
			m.	
Saint-John.....	47° 33'	52° 40	1.419	4
Harbor Grace.....	47 42	53 15	1.228	4
Baie Saint-Georges	48 30	58 29	1.212	1
Glace Bay..... ..	46 13	59 58	1.570	6
Sydney.....	46 12	60 14	1.482	6
Cap Nord.....	47 3	60 25	1.203	1
Port Hastings.....	45 39	61 29	1.094	2
Guysborough.....	45 23	61 36	1.525	3
Picton.....	45 42	62 40	1.285	2
Charlottetown.....	46 14	63 10	1.064	3
Truro.....	45 20	63 20	1.257	4
Seafort.....	44 38	63 34	1.216	2
Halifax.....	44 40	63 36	1.303	11
Beaver Bank.....	44 34	63 39	1.091	3
Windsor.....	44 54	64 7	1.080	1
Dorchester.....	45 46	64 18	1.233	4
Cape Rozier	48 56	64 21	0.843	3
Wolfville.....	45 5	64 25	1.064	8
Bass River.....	46 30	65 12	0.971	5
Chatham	47 1	65 30	1.130	2
Bathurst.....	47 37	65 41	0.844	2
Saint-John.....	45 14	66 5	1.389	9
Fredericton.....	45 55	66 40	1.156	4
Quebec.....	46 48	71 12	0.945	6

MOUVEMENT ET VITESSE DES TEMPÊTES DANS LES RÉGIONS TROPICALES.

Afin de découvrir les causes du mouvement des zones de tempête, il est important d'étudier leurs phénomènes dans la plus grande variété possible de circonstances. J'ai préparé, pour cet objet, une liste de toutes les tempêtes originaires du voisinage des Antilles, et pour lesquelles un observateur avait exactement défini leur parcours. Les principaux résultats de cette recherche se trouvent indiqués dans le tableau suivant, dont les colonnes renferment :

1° La date à laquelle la tempête a commencé avec certitude;

2° La latitude à laquelle cette tempête commença à devenir violente ;

3° Le parcours moyen de la tempête pendant qu'elle se dirigeait vers l'O ;

4° La vitesse horaire du mouvement dans la première partie de la course ;

5° La latitude à laquelle la tempête marcha vers le N ;

6° Le parcours moyen de la tempête, après que celle-ci avait tourné à l'E jusqu'à ce qu'elle eût atteint le parallèle de 40° ;

7° La vitesse horaire du mouvement durant la période précédente ;

8° L'indication de la pluie, lorsque ce phénomène s'ajouta à la tempête ;

9° Les noms des personnes qui ont fait l'étude des phénomènes de cette tempête :

Les lettres abréviatives indiquent : R, William Reid ; W, William C. Redfield ; M, Matthew F. Maury ; B, Alexandre Buchan ; E, John R. Eastman ; T, Henry Toynbee ; S, le *Signal Service* des États-Unis.

10° Les ouvrages dans lesquels on peut trouver ces diverses recherches.

On peut observer que la plus faible latitude à laquelle on ait reconnu le mouvement d'une tempête est ici de 10° ; en d'autres termes, il n'y aurait pas, sur l'Océan Atlantique, de trajectoire reconnue pour une tempête jusqu'à 10° de l'équateur. D'après la *Carte des tempêtes de l'Océan Atlantique*, dressée par Maury (voir ce Journal, vol. XI), sur 6436 observations portant chacune sur un intervalle de huit heures, on nota quatre bourrasques dans les cinq premiers degrés à partir de l'équateur. De même, sur 6476 observations faites entre les 5° et 10° degrés de latitude N, on ne nota que huit bourrasques. Sur la carte dressée par Maury pour la moitié E de l'Océan Pacifique, on a observé 35 bourrasques sur 17854 observations entre l'équateur et le 5° degré de latitude N, et 33 bourrasques sur 9352 observations entre les 5° et 10° parallèles. Ainsi donc, il arrive parfois que des tempêtes se meuvent presque directement sur l'équateur ; mais on n'en observe, en moyenne, qu'une ou deux par an.

Cours des ouragans originaires des Antilles.

DATES des tempêtes.	Latitude à l'origine.	DIRECTION du mouvement vers l'ouest.	Vitesse en milles à l'heure.	Latitude en se mouvant vers le N.	DIRECTION du mouvement vers l'est.	Vitesse en milles à l'heure.	PLUIE etc.	Observateur.	OUVRAGES consultés.
3 oct. 1780.	16°5				E 61°5 N		*pluie*	R	Lois des Temp. p. 373
12 oct. 1780..	11.8	W 31° N	17.8	23.3	E 39.5 N	17.2	*pluie*	R	id
3 sept. 1804	15.7	W 30 N	20.4	31.2	E 46 N	18.1	PLUIE	W	J. S. v. 20, p. 17
1 sept. 1821	21.7	W 27 N	35.0	31.2	E 55 N	25.0	*pluie*	W	id.
17 août 1827.	14.8	W 29 N	12.9	30.0	E 43 N	10 0	*pluie*	W	J. S. v. 31, p. 123
12 août 1830.	17.3	W 23.5 N	23.8	31.4	E 37 N	16.3	PLUIE	W	J. S. v. 20, p. 34
22 août 1830.	22.3	W 27 N	18.7	30.3	E 40 N	16.0	pluie	W	id. p. 39
29 sept. 1830	20.2	W 33.5 N	26.4	30.4	E 43 N	29.6		W	id. p. 42
13 janv. 1831	30.0			30.0	E 35.5 N	16.6	neige	W	U. S. N. Mag. 1836
23 juin 1831 .	10.3	W 14.5 N	20.4					W	J. S. v. 31, p. 123
16 août 1831.	12.3	W 25.5 N	16.6	30.7			*pluie*	W	J. S. v. 21, p, 192
12 août 1835.	16.3	W 17 N	17.8				pluie	W	J. S. v. 31, p. 124
3 sept. 1835	12.4	W 38 N					*pluie*	R	Lois des Temp. p. 36
26 juil. 1837.	11.0	W 29 N		30.0			PLUIE	R	id. p. 48
2 août 1837.	17.3	W 31.5 N					*pluie*	R	id. p. 48
12 août 1837.	17.6	W 20 N		31.7	E 24.5 N		pluie	R	id. p. 69
24 août 1837.	32.7				E 47 N	17.5	*pluie*	R	id. p. 109
27 sept. 1837	15.7	W 24 N	8.3	26.2	E 17.5 N	13.4	*pluie*	R	Progress. p. 13
12 sept. 1839	18.5	W 26 N		32.2			*pluie*	R	id. p. 39
30 août 1842.	21.6	W 1 N	10.0				pluie	W	J. S. v. 1, p. 2
2 oct. 1842.	20.0				E 18 N	10.6	*pluie*	W	J. S. v. 1, p. 153
4 oct. 1844.	18.6				E 54 N	30.4	*pluie*	W	J. S. v. 2, p. 312
11 sept. 1846	13.8	W 62 N	10.3	29.2	E 47 N	14.3	*pluie*	W	J. S. v. 18, carte
6 oct. 1846.	14.2	W 60 N		30.0	E 60.5 N	23.5	pluie	W	J. S. v. 18, carte
10 oct. 1847.	12.8	W 11.5 N	21.2				pluie	R	Progress., carte
22 août 1848.	15.0	W 23.5 N		27.4	E 22 N			R	id. p. 337
29 août 1848.	15.0	W 22 N		29.6	E 24 N		*pluie*	W	Géog. phys., p. 60
2 sept. 1850	16.0	W 15 N	13.8					W	J. S. v. 18, p. 176
16 sept. 1851	13.5	W 5 N	17.5	27.3	E 34 N	18.7	pluie	W	J. S. v. 18, carte
30 août 1853.	12.5	W 12.5 N	25.3	31.7	E 24.5 N	28.4	PLUIE	W	J. S. v. 18, p. 1
26 sept. 1853	28.8			29.2	E 27 N		PLUIE	W	id. p. 180
29 sept. 1859	13.9	W 9 N					*pluie*	W	id. p. 178
1 oct. 1866.	19.0	W 15 N	15.0	26.4	E 25 N	30.0	pluie	B	Han. Book, p. 151
29 oct. 1867.	18.5	W 2 S	15.5				PLUIE	E	Mémoire
1 juin 1871.	23.5	W 14 N	12.3	31.5	E 45 N	23.5	pluie	S	Rep. 1871. p. 282
5 sept. 1871					E 38 N	15.0	pluie	S	Rep. 1874, carte
18 août 1873.	20.0	W 32 N	12.3	33.0	E 37 N	18.4	PLUIE	S	Rep. 1873, p. 1029
20 août 1873.	25.0	W 51 N	10.5	34.3	E 41 N	16.4	*pluie*	T	Met. Soc. v, 2, p. 15
6 oct. 1873.	21.3	W 28 N	9.5	24.3	E 45 N	30.1	pluie	S	Month. map. 1873
7 fév. 1874.	24.0			26.5	E 45 N	23.5	*pluie*	S]	Rep. 1874, carte
14 sept. 1875	23.0	W 22 N	25.1	28.5	E 24 N	29.6	pluie	S	Monthly map.

Les trajectoires des tempêtes mentionnées dans le tableau précédent sont dirigées entre W 11° 30' S et W 62° N. Dans deux cas, on a observé la direction SW; dans un troisième, la direction a été W 1° N seulement, et dans un quatrième, W 5° N seulement. Il en résulte que, parfois, les tempêtes doivent se mouvoir dans le sens de l'équateur; et il est probable que cette

direction s'observe plus fréquemment que ne l'indiquerait le tableau, parce que beaucoup de ces tempêtes, mentionnées ici, n'auraient pas été choisies, si elles n'avaient pas avancé jusqu'aux latitudes moyennes. La direction moyenne des tempêtes susmentionnées a été de W 24° N, tandis qu'elles se mouvaient vers l'O ; et la vitesse moyenne horaire, de 17,4 milles, dans cette partie de leur course.

La latitude moyenne du centre des tempêtes a été 29° 30', tandis qu'elles marchaient droit au N ; cette latitude varie entre les limites de 23° 30' à 34°. Durant les trois mois d'été, la latitude moyenne est de 30° 36' ; en septembre, elle est de 29° 42', et durant les autres mois de l'année, elle est de 26° 42', ce qui montre que le point où la trajectoire passe de l'O vers l'E est plus au N en été qu'en hiver. Pendant que les tempêtes se meuvent vers l'E à la hauteur du parallèle de 40°, leur cours moyen est de E 38° 30' N, variant entre les limites de 17° à 60°. La vitesse moyenne horaire, dans cette partie de leur course, est de 20,5 milles, ce qui représente presque exactement la vitesse moyenne des tempêtes sur les États-Unis durant les mois d'août et de septembre, d'après les observations du *Signal Service*.

Le mot *pluie*, dans la huitième colonne, a été imprimé en italique, lorsqu'il désigne une *forte pluie*, et en petites capitales, lorsqu'il désigne une PLUIE TRÈS-FORTE ou tombant à TORRENTS. On peut noter que la pluie accompagne généralement les ouragans. Dans quatre cas seulement, parmi les documents publiés, je n'ai pas trouvé de mention de la pluie, mais il est à présumer que c'est par pur oubli ; parce que, dans le plus grand nombre des autres cas, la pluie est indiquée, pour ainsi dire, d'une manière incidente. Dans toutes leurs recherches, Redfield et Reid ont porté plus spécialement leur attention sur la direction et la force du vent ; et c'est seulement en consultant les extraits des volumineux ouvrages dont ils sont les auteurs, que j'ai trouvé la mention de la pluie accompagnant la tempête. Il est à croire que les ouragans des tropiques ne s'observent jamais sans pluie ;

généralement, on indique cette pluie comme tombant à torrents.

Je réserve pour un prochain article de nouvelles remarques sur le tableau précédent.

Note. — En préparant les matériaux de ce travail, j'ai été aidé par M. Edward S. Cowles, *graduate of Yale College of the class of* 1873.

SIXIÈME MÉMOIRE

Présenté à l'Académie nationale des sciences de Philadelphie, le 18 octobre 1876.

(Extrait du *Journal américain des Sciences et des Arts.* Vol. XIII, janvier 1877.)

Résultats de la discussion des observations du Service des Signaux des États-Unis, ainsi que d'autres documents.

PÉRIODE DE CHALEUR EXTRAORDINAIRE EN JUIN 1873.

Durant le mois de juin 1873, on a observé une température extraordinairement élevée sur une grande partie des États-Unis. Dans beaucoup de stations du *Signal Service*, le thermomètre dépassa 90° F (32° 2) pendant une certaine période du mois, et dans quelques stations, on compta plus de deux jours pendant lesquels le thermomètre atteignit ce degré. Les colonnes du tableau suivant indiquent : 1° les noms des stations où l'on a recueilli des

Température de 32° 2 *en juin* 1873.

STATIONS.	LATITUDE.	ALTITUDE.	CAS.	STATIONS.	LATITUDE.	ALTITUDE.	CAS.
		m.				m.	
Fort-Sully.....	44° 39'	514.5	17	St-Paul.....	44° 53'	242.2	5
Indianola.....	28 32	7.6	13	Boston.....	42 21	23.5	3
San Antonio...	29 25	183.0	13	Baltimore.....	39 18	13.7	2
Mobile.....	30 42	12.5	12	Chicago.....	41 52	200.3	2
Denver.....	39 44	1566.2	11	New-York.....	40 42	50.3	2
Keokuk.....	40 23	178.1	11	Toledo.....	41 40	197.9	2
Montgomery...	32 22	76.0	11	Cleveland.....	41 30	208.0	1
Washington....	38 53	32.0	10	Fort-Garry.....	49 52	199.4	1
La Crosse.....	43 48	209.2	8	New-Haven....	41 17	32.6	1
Cairo.....	37 00	107.1	7	Oswego.....	42 28	88.7	1
Louisville.....	38 18	151.2	7	Lexington, Ky..	38 8	330.3	0
Cincinnati.....	39 6	187.2	6	Montréal.....	45 30	57.0	0
Leavenworth...	39 19	247.9	6	Morgantown...	39 40	302.2	0
Breckenridge...	46 16	294.6	5	Rochester.....	43 8	178.1	0
Cheyenne.....	41 12	1847.6	5	Toronto.....	43 39	104.3	0
Omaha.....	41 16	318.7	5				

observations à l'aide de thermomètres enregistreurs ; 2° la latitude de ces localités ; 3° leur altitude au-dessus du niveau de la mer, exprimée en mètres ; et 4° le nombre de jours pendant lesquels le thermomètre s'éleva à 32° 2.

Les observations de Denver et de Cheyenne montrent que, sur un plateau élevé, l'extrême chaleur de l'été atteint un degré au moins aussi grand qu'au niveau de la mer à la même latitude ; tandis que les observations de Lexington et de Morgantown montrent qu'une élévation de quelques centaines de pieds, au-dessus de la contrée environnante, produit une diminution sensible dans les extrêmes de chaleur. Les observations dans le voisinage des grands lacs comme dans le voisinage de l'Océan, montrent que de vastes étendues d'eau diminuent, d'une manière marquée, les extrêmes de températures.

Les stations dans lesquelles le thermomètre est monté plus de trois fois à 32° sont toutes des stations continentales ; et l'on doit observer que, dans certaines stations du N, la chaleur fut plus forte que dans certaines stations du S. A Fort-Sully, le thermomètre atteignit 42° 2 ; pendant sept jours, il resta au-dessus de 37° 8, et pendant douze jours, il se tint à 35° 0. A Denver, le thermomètre monta à 37° 2 et s'éleva, pendant cinq jours, à 35° 0. A Indianola, la plus haute température fut de 36° 3, et le thermomètre atteignit, pendant deux jours seulement, 35° 0. A San-Antonio, la plus haute température fut de de 35° 6, et le thermomètre ne s'éleva qu'une seule fois à 35° 0. A Mobile, la plus haute température fut de 35° 0. Ce sont les plus hautes températures observées dans quelques-unes des stations du S. Nous voyons ainsi, que le thermomètre s'est élevé, à Fort-Sully et à Denver, beaucoup plus haut que dans certaines stations du S.

Si nous considérons simplement la hauteur du thermomètre au-dessus de la température moyenne du mois, nous trouvons que les cas les plus remarquables se sont présentés dans les stations au N du 40e parallèle.

Le tableau p.p. 108 et 109 indique les variations de température observées du 15 au 26 juin. La deuxième colonne renferme la température moyenne de juin dans les stations désignées dans la

première colonne ; et les colonnes suivantes indiquent la différence entre la moyenne du mois et la température observée chaque jour à 4 heures 35 minutes du soir. A ce moment, la température, dans le plus grand nombre des stations, dépasse de 8° environ la moyenne du jour, de sorte que presque tous les nombres de ce tableau devraient être diminués de 8° pour donner l'élévation de température au-dessus de la moyenne à l'heure de l'observation ; pour un petit nombre de stations, il serait nécessaire de faire une correction encore plus grande. (Voir p.p. 108 et 109.)

Afin de rendre plus clairement les conclusions qu'on peut déduire des nombres du tableau précédent, j'ai préparé le tableau résumé que voici, dont les diverses colonnes renferment :

1° La date du mois, du 12 au 26 juin 1873 ;

2° La station où, à cette date, la température dépassa le plus la moyenne du mois ;

3° La quantité dont le thermomètre s'éleva au-dessus de la moyenne ;

4° La hauteur du baromètre à la station mentionnée ;

5° Le minimum barométrique observé, ce jour-là, dans la station.

Températures le plus au-dessus de la moyenne.

DATES Juin.	STATIONS.	EXCÈS de température.	PRESSION barom.	MINIMUM barom.
12	Fort-Benton	10.6	761.23	752.85
13	Fort-Sully	11.7	753.87	753.87
14	Breckenridge	10.6	751.58	748.28
15	Fort-Benton	16.7	756.92	752.59
16	Virginia-City	13.3	753.61	752.85
	Fort-Sully	13.3	754.12	752.85
17	Fort-Sully	15.0	749.80	746.25
18	Alpena	15.6	750.31	743.20
19	Escanaba	13.9	749.80	748.79
	Marquette	13.9	750.06	748.79
20	Cheyenne	13.9	759.46	747.01
21	Fort-Sully	13.9	748.28	748.28
22	Denver	12.8	752.09	744.22
23	Milwankee	15.0	756.15	751.07
24	Saugeen	13.9	763.52	752.34
	Denver	12.8	758.69	752.34
25	Fort-Sully	17.2	749.80	749.80
26	Breckenridge	15.6	753.87	753.87

Observations thermométriques

STATIONS.	Température moyenne de juin.	DIFFÉRENCE, EN PLUS OU EN MOINS, AVEC LA TEMPÉRATURE MOYENN										
		15 juin	16 juin	17 juin	18 juin	19 juin	20 juin	21 juin	22 juin	23 juin	24 juin	25 juin
Portland (Oregon)	16.7	+ 0.6	+ 2.8	— 1.1	— 0.6	+ 3.3	+ 1.1	— 0.6	— 1.7	+ 0.6	+ 0.6	+
San Francisco..	15.0	+ 1.7	+ 3.9	+ 3.9	+ 3.9	+ 3.3	+ 0.6	+ 1.1	+ 4.4	+ 4.4	— 0.6	
San Diego.....	17.8	0	+ 2.2	+ 2.8	+ 1.1	+ 1.1	+ 2.8	+ 1.7	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.1	+
Corinne	20.6	+10.6	+11.1	+ 7.8	+10.0	+10.0	+11.1	+ 7.2	— 4.4	— 2.8	+ 4.4	+
Virginia-City...	13.3	+15.6	+13.3	+ 6.7	+ 2.8	+ 7.2	+10.0	+ 1.6	—10.0	— 0.6	+ 5.0	+
Fort-Benton....	17.2	+16.7	+ 8.3	+10.0	+ 2.2	+ 5.0	+10.6	+ 3.3	— 2.2	+ 2.8	+ 5.6	—
Santa-Fe.....	20.6	+ 3.3	+ 1.7	+ 4.4	+ 7.2	+ 6.1	0	+ 6.7	+ 6.1	+ 5.6	+ 2.2	+
Denver.....	20.6	+ 6.7	+10.6	+11.7	+14.4	+ 7.2	+12.8	+11.7	+12.8	+ 8.3	+12.8	+1
Cheyenne.....	18.3	+ 7.8	+12.2	+11.7	+11.7	+ 5.6	+13.9	+11.1	+ 6.1	— 2.2	+12.8	+1
Fort-Sully.....	21.1	—12.2	+13.3	+15.0	0	+ 6.7	+13.3	+13.9	+11.1	+ 4.4	+10.6	+1
Yankton.....	21.7	+ 6.7	+ 7.8	+ 7.8	+ 5.6	+ 3.8	+ 7.8	+ 8.3	+ 6.1	+ 2.0	+ 7.8	+1
Pembina.....	17.2	+ 7.8	+ 5.6	+ 7.2	+ 6.1	+ 6.7	+ 5.6	+ 3.3	+ 2.2	+ 4.4	+ 9.4	+
Fort-Garry.....	17.2	+ 6.7	+11.1	+ 9.4	+ 1.1	+ 5.6	+ 7.8	+ 6.1	+ 2.2	+ 5.6	+ 5.6	+1
Indianola.....	27.8	+ 3.3	— 3.3	— 1.1	+ 0.6	+ 2.8	+ 1.7	+ 2.8	+ 1.7	+ 1.7	+ 2.8	+
Breckenridge...	18.3	+ 8.3	+10.6	+13.9	+13.9	+ 6.7	+ 6.7	+ 9.4	+ 7.2	+ 5.0	+10.6	+1
Omaha	22.8	+ 7.2	+ 7.8	+ 7.2	+ 8.8	+ 5.0	+ 6.7	+ 3.8	+ 1.1	+ 4.4	+ 8.5	+
Leavenworth...	24.4	+ 5.6	+ 6.1	+ 5.6	+ 6.7	+ 7.8	+ 5.6	+ 6.7	+ 3.9	+ 3.9	+ 5.6	+
Galveston.	27.8	+ 1.1	— 3.9	— 1.7	— 1.1	+ 2.8	— 3.9	+ 3.3	+ 3.3	+ 3.9	+ 3.3	+
Shreveport.....	27.2	— 1.1	— 2.2	+ 1.1	+ 1.1	+ 4.4	+ 5.0	— 1.7	+ 3.3	+ 3.9	+ 3.9	—
Saint-Paul.....	20.0	+ 9.4	+ 7.8	+11.7	+12.2	+ 6.1	+ 8.9	+12.2	+ 4.4	+ 9.4	+ 9.4	+
Duluth.....	14.4	+15.6	+ 1.1	— 1.1	+12.8	+12.8	+11.1	— 4.4	— 4.4	— 0.6	— 1.1	
Fort-Gibson....	26.1	— 2.2	+ 3.3	+ 3.3	+ 3.3	+ 2.8	+ 3.3	+ 3.3	+ 3.8	+ 5.0	+ 5.5	+
Keokuk	23.9	+ 8.9	+ 6.1	+ 6.7	+ 7.2	+ 8.9	+ 5.6	+ 8.3	+ 6.7	+ 7.2	+10.6	+1
La Crosse.....	21.1	+10.0	+ 6.1	+10.6	+11.1	+ 5.6	+ 7.2	+ 8.9	+ 7.2	+10.0	+11.1	+
Vicksburg.....	27.2	— 2.7	— 1.7	+ 1.1	— 0.6	+ 1.7	+ 5.0	+ 5.5	+ 5.0	+ 5.5	+ 6.1	+
Davenport.....	22.8	+ 7.2	+ 9.4	+ 7.8	+ 8.9	+ 7.2	+ 6.1	+ 5.6	+ 7.2	+ 8.9	+10.6	+1
Saint-Louis.....	24.4	— 6.7	+ 3.8	— 1.1	+ 8.9	+ 7.2	+ 1.1	+ 4.4	+ 8.3	+ 8.9	+ 8.9	+
Memphis	26.1	+ 4.4	0	— 2.2	+ 4.4	+ 3.3	+ 6.7	+ 6.7	+ 1.8	+ 7.2	+ 8.3	—
New Orléans...	26.7	— 1.7	+ 2.6	+ 0.6	— 0.6	+ 3.3	+ 4.4	+ 5.0	+ 4.4	+ 3.3	+ 1.7	+
Cairo.....	25.0	+ 5.6	+ 2.2	+ 3.3	+ 3.3	+ 3.8	+ 5.0	+ 5.6	+ 6.7	+ 6.7	+ 7 8	+
Mobile.....	26.7	+ 4.4	— 2.2	+ 0.6	— 2.2	+ 5.6	+ 2.2	+ 1.7	+ 7.8	0	+ 6.7	+
Milwankee	13.3	+ 6.7	+ 1.1	— 2.2	+14.4	+12.8	+10.0	+ 5.6	+ 1.1	+15.0	+ 2.2	+
Chicago	21.0	+ 6.1	0	0	+10.6	+12.2	+ 3.3	+ 9.4	+ 7.2	+12.2	— 1.1	
Marquette.... .	14.4	+ 2.8	+ 0.6	+ 2.8	+ 3.9	+13.9	+11.1	— 4.4	— 2.2	+ 6.1	+ 1.7	+
Escanaba.....	15.6	+ 4.4	0	+ 3.3	+ 7.8	+13.9	+11.7	+ 2.2	+ 1.7	+ 1.7	+ 6.1	+
Nashville.....	26.1	+ 3.8	— 2.2	+ 2.8	+ 3.8	+ 2.8	+ 5.6	+ 5.0	+ 7.2	— 1.7	+ 6.7	+
Montgomery....	26.7	+ 3.8	— 2.2	— 3.3	+ 3.3	+ 6.7	+ 7.2	+ 5.6	+ 6.7	+ 7.8	0	+
Grand Haven...	13.3	+ 6.1	+ 3.8	+ 2.8	+ 7.3	+ 5.0	+ 1.7	+ 6.7	+ 7.2	+ 8.3	+ 6.7	+1
Indianapolis	23.9	+ 6.1	+ 1.1	+ 6.1	+ 7.8	+ 8.3	+ 6.1	+ 6.1	+ 7.8	+10.0	+10.0	+

du soir du 15 *au* 26 *juin* 1877.

IONS.	Température moyenne de juin.	DIFFÉRENCE, EN PLUS OU EN MOINS, AVEC LA TEMPÉRATURE MOYENNE											
		15 juin	16 juin	17 juin	18 juin	19 juin	20 juin	21 juin	22 juin	23 juin	24 juin	25 juin	26 juin
le	20.0	+ 5.6	+ 5.6	+ 5.0	+ 7.2	+ 5.0	+ 3.9	+ 5.6	+ 5.0	+ 8.9	+ 7.8	— 2.2	+ 5.6
iti.....	24.4	+ 5.6	+ 8.3	+ 3.3	+ 2.6	+ 6.1	+ 6.1	+ 7.2	+ 7.2	+ 9.4	+10.0	+ 6.1	+ 7.2
le... ...	23.3	+ 6.1	— 0 6	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.6	+ 5.0	+ 9.4	+ 7.8	+ 6.1	+ 8.3	+ 9.4	+ 3.8
.....	22.2	+ 6.7	+ 8.9	+ 2.2	+ 8.3	+10.0	+ 6.1	+ 6.7	+ 7.8	— 6.1	— 2.8	+ 1.1	+ 6.1
.....	15.6	0	+ 7.8	— 3.9	+15.6	+11.1	+ 8.3	— 1.1	— 2.2	— 2.8	+ 1.1	+ 1.1	+ 2.8
.....	20.0	+ 6.7	+10.6	+ 2.8	+ 8.3	+12.2	+ 7.2	+ 9.4	— 0.6	+ 8.9	+ 6.1	+12.2	+ 6.7
ty.....	26.1	+ 3.3	+ 3.9	+ 6.1	+ 7.2	+ 8.3	+ 6.7	+ 4.4	— 1.7	+ 2.8	+ 5.6	+ 5.6	— 1.1
lassa ...	26.7	+ 3.8	+ 3.8	+ 4.4	+ 5.0	+ 5.0	+ 3.8	+ 2.6	+ 2.2	+ 1.8	— 3.8	+ 5.0	+ 3.3
... .	26.1	+ 3.8	+ 5.6	+ 6.7	+ 6.7	+ 8.3	+ 6.7	+ 8.3	+ 5.0	+ 5.6	+ 6.7	+ 4.4	— 2.2
st.....	28.3	+ 2.8	+ 2.8	+ 2.8	+ 2.2	+ 2.8	+ 2.8	+ 3.3	+ 3.3	+ 3.3	+ 2.8	+ 2.2	+ 1.7
ville	26.7	+ 3.3	+ 5.0	+ 6.1	+ 7.2	+ 7.8	+ 8.9	— 0.6	+ 2.8	+ 3.3	+ 5.0	+ 3.9	+ 0.6
d.....	20.6	+ 3.8	+ 8.9	+ 2.8	+ 7.2	+ 1.1	+ 5.6	+ 5.6	+ 6.1	+ 7.2	+ 5.0	+ 3.3	+ 6.1
.....	15.6	+ 4.4	+ 0.6	— 1.7	+11.1	+10.6	+ 1.1	— 0.6	+ 6.7	+ 2.2	+13.9	+ 8.3	+ 6.7
nley....	18.3	+ 6.7	+ 6.7	+ 3.3	+ 4.4	+ 7.8	+ 7.2	+ 5.6	— 1.8	+ 3.8	— 2.2	+ 6.7	+ 4.4
h.....	26.7	+ 3.9	+ 6.1	+ 6.7	+ 7.2	+ 7.8	+ 6.7	+ 2.2	+ 3.3	+ 1.8	+ 4.4	+ 5.6	— 3.3
rer.....	18.3	+ 3.3	+11.1	+ 3.3	+ 2.6	+ 5.0	+ 6.7	+ 1.8	— 3.3	+ 7.2	+ 1.1	+10.0	+ 8.9
on.....	26.1	+ 3.3	+ 5.0	+ 6.1	+ 6.1	+ 4.4	+ 6.1	+ 2.8	+ 2.2	+ 2.2	+ 5.6	+ 1.1	— 1.7
;	22.2	+ 6.1	+ 5.6	+ 6.1	+ 7.2	+ 9.4	+ 6.7	+ 7.2	+11.1	+10.6	+ 6.7	+ 1.7	+ 5.0
.....	17.2	+ 8.3	+ 9.4	+ 1.1	+ 3.3	+ 9.4	+ 5.0	+ 9.4	— 0.6	— 1.1	+ 3.3	+ 3.8	+ 2.2
rg.....	23.3	— 0.6	+ 7.2	— 3.8	+ 3.8	+ 8.3	+ 8.9	+ 5.0	+ 7.2	— 0.6	— 0.6	+ 6.7	+ 2.2
.....	18.3	+ 2.6	+ 3.8	+ 4.4	+ 3.3	+ 5.0	+ 6.1	+ 3.8	— 1.7	+ 7.8	+ 2.8	+ 8.9	+ 6.1
on	25.0	+ 2.2	+ 6.1	+ 2.2	+ 8.9	+ 9.4	+ 8.3	+ 7.2	+ 6.1	+ 6.7	+ 8.9	— 0.6	+ 1.7
r.....	18.9	+ 6.1	+ 2.2	+ 1.7	+ 8.9	+11.1	+ 3.9	+ 5.6	— 2.8	+ 3.9	+ 0.6	+ 6.1	+ 8.9
ton	23.9	— 1.1	+ 8.3	+ 8.9	+ 9.4	+10.0	+10.6	+ 6.1	+11.1	+ 2.2	+ 2.2	- 0.6	+ 5.6
.... ..	23.9	— 2.8	+ 7.2	+ 7.2	+ 6.7	+10.0	+10.6	+ 7.2	+ 7.8	— 2.2	+ 1.1	+ 0.6	+ 3.3
.....	17.8	+ 7.2	+ 5.0	+ 2.8	+ 8.3	+10.0	— 1.7	+ 2.2	+ 1.7	+ 6.7	+ 5.6	+ 5.6	+12.8
.....	17.2	+ 3.8	+ 2.2	— 1.1	+ 2.8	+ 4.4	+ 7.2	+ 6.1	+ 3.3	+ 4.4	+ 6.7	+10.0	+ 7.8
.....	24.4	— 6.7	+ 7.2	+ 5.6	+ 6.7	+ 8.9	+11.1	+ 5.6	+ 8.9	+ 7.8	+ 7.8	— 5.0	+ 1.1
hie....	22.2	+ 0.6	+ 7.2	+ 7.2	+ 6.7	+10.0	+10.0		+ 4.4	— 3.8	— 4.4	0	+ 2.6
y.....	19.4	— 2.2	+ 1.1	+ 3.3	+ 1.1	+ 3.3	+12.2	+ 7.2	+ 4.4	+ 1.1	+ 0.6	+ 0.6	+ 1.1
k.....	20.6	+ 0.6	+ 7.2	+ 7.2	+ 1.7	+'0.6	+11.1	+ 6.7	0	— 2.6	— 4.4	0	+ 2.6
.....	18.9	+ 3.3	+ 3.8	+ 0.6	+ 0.6	+ 2.2	+ 2.2	— 2.8	+ 0.6	+ 2.2	+ 3.8	+ 3.3	+ 3.8
n.....	18.9	+ 7.2	+ 7.2	+ 0.6	+ 3.3	+ 7.8	+ 5.0	— 3.3	+ 2.8	+ 6.1	+ 6.1	+ 9.4	+10.0
don . ..	18.3	+ 1.7	+ 6.7	+ 8.3	+ 2.6	+12.8	+12.2	+ 7.8	+ 2.8	0	— 1.1	+ 1.1	+ 5.6
ington ..	6.1	+ 2.2	+ 4.4	— 3.3	+ 0.6	+ 5.6	+ 3.3	— 5.0	— 3.8	+ 1.7	+ 2.8	+ 6.7	+ 7.8
.....	17.8	+ 5.6	+ 5.6	0	— 9.4	— 3.8	— 0.6	— 2.8	+ 2.8	+ 6.1	+ 7.2	+10.0	+ 8.3
.....	19.4	+ 8.3	+12.2	+ 8.3	+ 7.8	+13.3	+10.0	+ 4.4	+ 1.1	+ 3.9	+ 3.3	+ 5.0	+11.7
Me....	16.7	+ 1.8	+ 8.3	+ 7.8	+ 0.6	+ 1.7	+11.7	+ 2.8	+ 1.7	+ 2.2	+ 5.6	+ 6.7	+ 4.4
.....	12.8	+ 1.8	0	+ 6.7	+ 5.6	— 3.3	— 0.6	0	+ 3.8	+ 8.9	+ 2.8	+ 7.2	+ 5.0

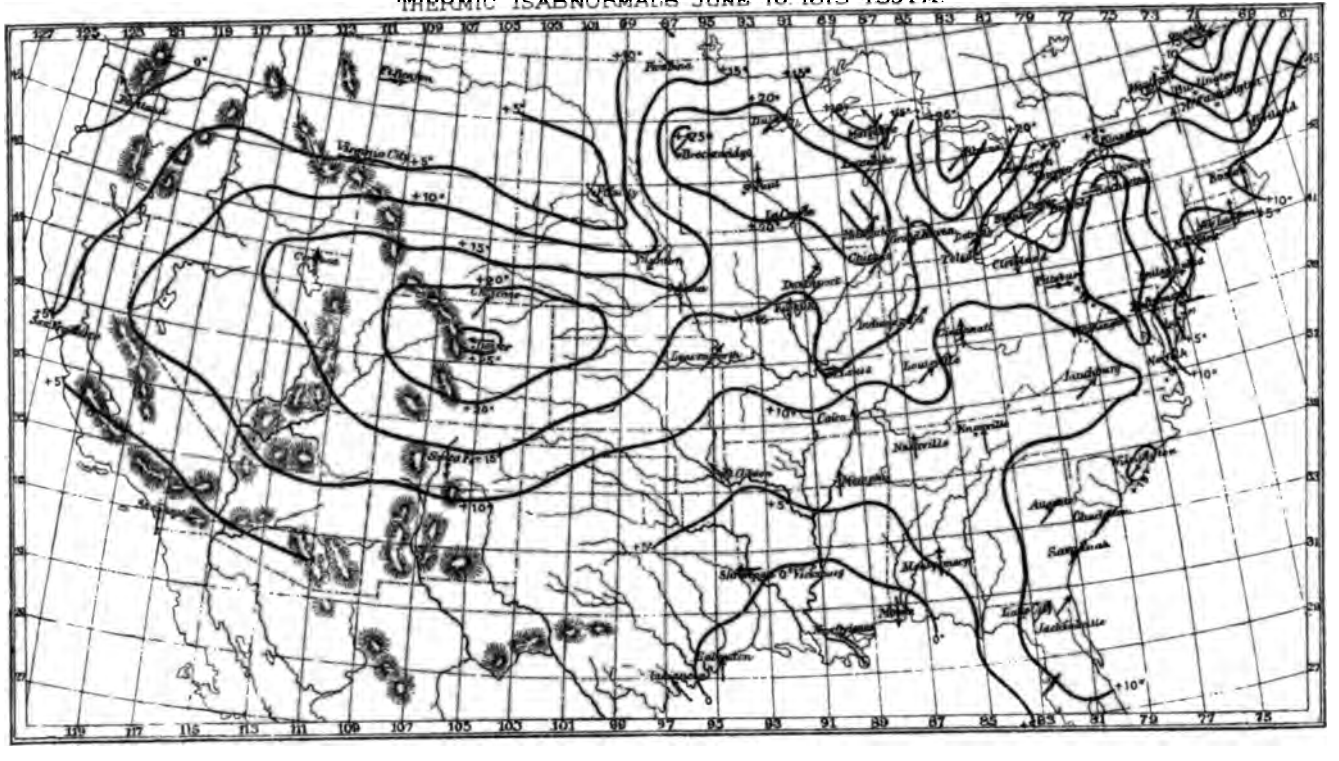
Nous voyons, par ce tableau, que les stations où le thermomètre s'éleva le plus au-dessus de la moyenne, se trouvent toutes au N du 39e parallèle, et qu'elles sont toutes situées entre les Montagnes Rocheuses et le méridien de 81° W Greenwich. Nous voyons également qu'une température élevée était généralement accompagnée d'une pression inférieure à la moyenne ; la pression moyenne indiquée dans la quatrième colonne étant de 754,38. La cinquième colonne montre que, chaque jour, il existait une dépression barométrique considérable sur une certaine région des États-Unis, et que le centre de cette dépression se trouvait toujours au N du 40e parallèle, et qu'enfin la zone de plus grande température était toujours sous l'influence d'une zone de basse pression. Dans quatre cas, la station qui accusa la plus grande élévation de température fut également celle où l'on observa la plus grande dépression barométrique.

Afin de montrer plus clairement la forme et la position de ces zones de chaleur, j'ai dressé la Carte I, qui indique les courbes d'égale variation thermométrique par intervalles de 5° F (2° 7) pour le 18 juin, à 4 heures 35 minutes du soir.

On peut reconnaître sur cette carte que, près du golfe du Mexique, et près des angles NE et NW des États-Unis, la température a été inférieure à la moyenne du mois de juin, mais que, partout ailleurs sur le territoire des États-Unis, elle a été au-dessus de la moyenne du mois. Afin de déterminer combien la température moyenne, à l'heure de l'observation, dépassait la température moyenne du mois, j'ai comparé les observations des températures maxima et minima dans toutes les stations du *Signal Service*, toutes les fois que je les ai trouvées publiées dans les *Rapports annuels*. J'ai pris la moyenne des maxima de température pour le mois de juin dans chaque station ; de même pour les minima. J'appelle oscillation moyenne diurne du thermomètre, la différence entre ces deux mois. J'ai fait cette comparaison pour chacune des années 1873, 1874 et 1875. Le tableau suivant indique toutes les stations du *Signal Service* dans lesquelles cette oscillation moyenne diurne est supérieure à 22° F (12° 2) ou inférieure à 15° F (8° 3). Les colonnes renferment :

THERMIC ISABNORMALS JUNE 18 1873 4.35 PM.

PLATE VIII



1° Les noms des stations ;

2° L'oscillation moyenne diurne pour le mois de juin ;

3° Le nombre d'années d'observation ;

4° L'altitude de la station au-dessus de la mer ;

5° La quantité annuelle de pluie en chaque station ;

6° La quantité de pluie tombée en 1873, du 12 au 26 juin inclus.

Oscillation diurne de la température en juin.

STATIONS.	OSCILLATION.	ANNÉES	ALTITUDE.	PLUIE annuelle.	PLUIE en 15 jours.
			m.	mm.	mm.
Colorado Springs	18°7	2	1810.1	347.7	
Denver	17.8	3	1566.2	355.3	0.5
Cheyenne	17.4	3	1847.6	218.4	5.6
Santa-Fe	17.0	2	2092.9	339.3	0.6
Dodge-City	15.7	1	757.0	164.8	
Fort-Sully	14.8	3	514.5	308.9	8.6
Virginia-City	14.2	3	1680.5	417.3	7.1
Salt-Lake-City	14.0	2	1326.2	455.4	1.3
Fort-Garry	13.9	3	199.4	367.8	27.7
Ottawa	13.7	2	76.0	745.0	
North Platte	13.6	1	868.0	346.5	
Corsicana	13.5	1	136.3	645.7	
Pittsburgh	13.0	1	291.2	953.3	20.3
Stayner	13.0	1	217.7	717.8	
Bismark	12.9	1	511.4	535.7	
Wytheville	12.9	2	699.6	1121.4	
Shreveport	12.7	2	69.5	1259.8	108.8
Pembina	12.6	2	240.9	329.9	34.8
Ile de Saint-Paul	3.9	2	1.0	1418.6	
Cap Hatteras	4.9	1	2.1	1635.3	
Cap Rosier	5.4	1	11.9	858.8	
Key West	5.8	3	5.1	955.3	
Cap May	6.1	1	4.2	1190.5	
Mont Washington	6.4	3	1916.5	1688.3	
New-Orleans	6.6	2	17.0	1561.1	
San Diego	6.7	2	18.9	232.7	
Woods Hole	6.8	2	7.6	999.7	
Galveston	7.1	2	12.2	1185.2	
Charleston	7.2	2	18.6	1122.2	
San Francisco	7.4	2	18.3	513.1	
Indianola	7.5	3	7.6	1066.3	
Atlantic-City	7.6	2	7.0	918.5	
Punta Rassa	7.6	2	5.1	1356.9	
Buffalo	8.2	2	202.9	1778.0	
Kitty Hawk	8.3	1	6.7	1143.5	

Depuis que nous avons des séries d'observations horaires de température à Philadelphie et à Toronto, il nous est possible de

calculer la correction à faire subir, relativement à l'heure d'observation dans chacune des stations précédentes, en supposant que la correction aux différentes stations soit proportionnelle à leur oscillation diurne totale. Nous trouvons, de cette manière, qu'à 4 heures 35 minutes du soir, temps moyen de Washington, la température dépasse, des quantités suivantes, la moyenne mensuelle :

Correction horaire de la température.

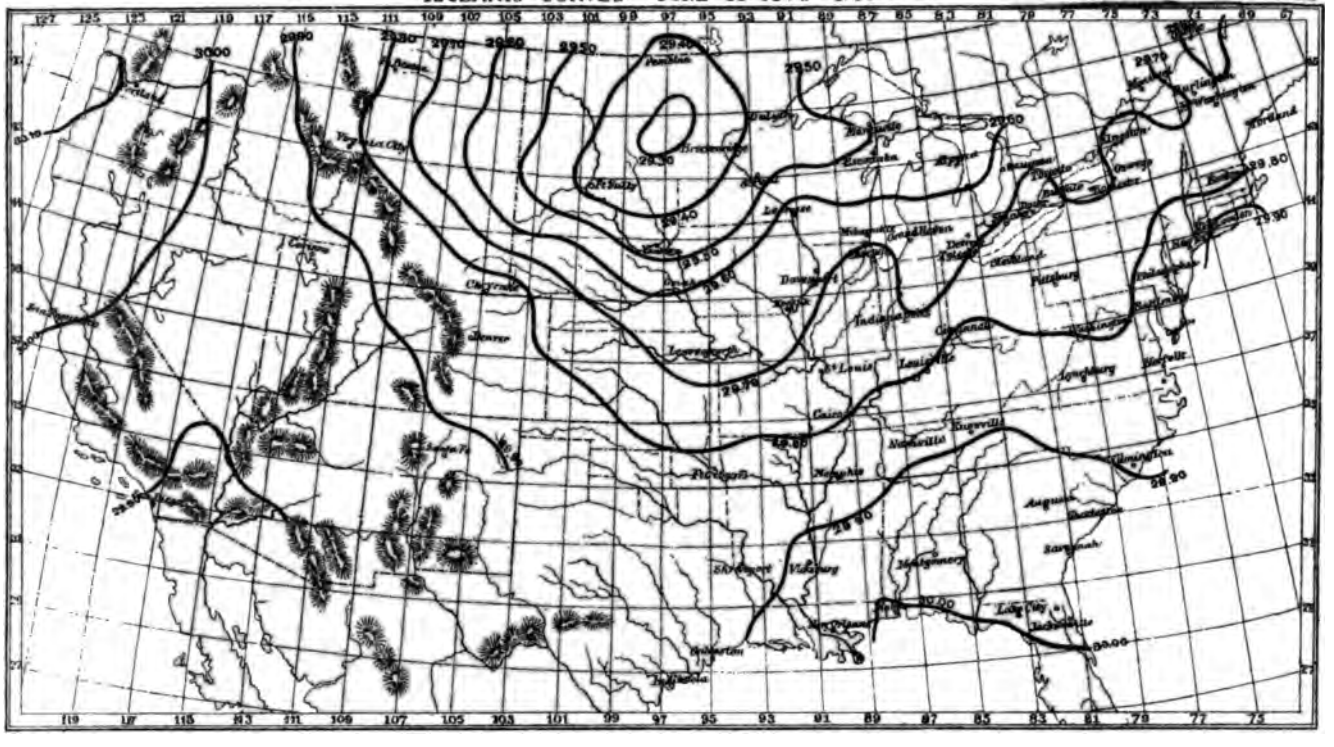
STATIONS.	Correc.	STATIONS.	Correc.	STATIONS.	Correc.
Denver.....	7.2	Virginia-City....	5.6	Saugeen.....	4.2
Cheyenne.....	7.2	Breckenridge.. .	5.0	Escanaba.....	3.9
Fort-Sully.....	5.6	Alpena.....	4.4	Marquette.....	3.9
Fort-Benton.....	5.6	Miwankee.....	4.4		

En appliquant ces corrections aux nombres donnés dans le tableau des températures du 12 au 26 juin, on trouve que, le 15 juin, le thermomètre s'éleva, à Fort-Benton, à 20° F. (11°1) au-dessus de la température moyenne de la station à l'heure de l'observation ; et que, le 8, à Alpena, il s'éleva aussi à 20° F (11°1) et, le 25, à Fort-Sully, à 21° F (11°6) au-dessus de la température moyenne à l'heure de l'observation. Nous avons été alors conduit à chercher pourquoi le thermomètre s'était ainsi élevé de 20° F (11°1) au-dessus de la température moyenne, à cette heure et en ces localités.

La seconde Carte ci-jointe indique les courbes isobares à la même date que les courbes de température de la première Carte.

On peut y observer que, sur toute l'étendue des États-Unis, à l'exception du littoral du Pacifique et du voisinage du Golfe de Mexique, la pression atmosphérique a été de moins de 762.0, et qu'en Minnesota elle fut de 744.2. Ce minimum barométrique doit nous faire supposer que les vents de S régnaient dans la vallée du Mississippi. La direction des vents observés est indiquée par des flèches sur la première Carte.

ISOBARIC CURVES JUNE 18. 1873 4.35 P.M. PLATE IX



Le tableau suivant fait connaître le nombre de stations où le vent souffla de chacun des huit principaux points du compas.

Direction des vents, le 18 *juin, à* 4 *h.* 35 *m. du soir.*

DIRECTION DU VENT.	NOMBRE de stations.	DIRECTION DU VENT.	NOMBRE de stations.
N	3	S	20
NE	2	SW	27
E	4	W	7
SE	7	NW	7

Ainsi nous voyons que, dans 54 stations, le vent souffla du quartier S, et, dans 12 stations seulement, du quartier N. Voici les stations en question :

Vent de N, à Cleveland, Mobile et Santa-Fé.

Vent de NE à Duluth et Yankton.

Vent de NW à Eastport, Fort-Garry, Fort-Sully, Mont-Washington, Norfolk, Oswego et Pembina.

Dans trois de ces stations, savoir : Cleveland, Duluth et Oswego, le vent de N fut probablement le résultat d'un courant d'air froid venant des lacs et se dirigeant vers des contrées plus chaudes. Trois stations, savoir : Fort-Sully, Fort-Garry et Pembina, se trouvaient au N de la zone qui était le plus échauffée ; et deux autres stations, savoir : Eastport et Mont-Washington, se trouvaient à l'extrême limite orientale de la zone échauffée. A Mobile, la vitesse du vent fut seulement d'un mille à l'heure ; à Norfolk et à Yankton, de 4 milles ; de Santa-Fé, de 5 milles à l'heure.

Ainsi nous voyons que, sur la totalité d'une zone de chaleur (à part un très-petit nombre d'exceptions sans importance et qu'on peut aisément expliquer) le mouvement de l'atmosphère s'est effectué par la région Sud. Ce mouvement général, parti du Sud, s'est maintenu pendant plus de 24 heures avec une vitesse moyenne de près de dix milles à l'heure, qui a pu déterminer une élévation de 6 à 10° F (3° 3 à 5° 6 C) dans le voisinage des lacs de l'Ouest ; c'est-à-dire que cette cause paraît suffisante pour rendre compte de

près de la moitié, sinon de la totalité, de l'élévation actuellement observée.

Une partie considérable du restant de l'élévation peut probablement être attribuée à la succession de l'effet de la radiation solaire pour une série de plusieurs jours, sans intervention de vents du Nord. Déjà, dès le 10 juin, on observait une grande élévation du thermomètre à Fort-Benton et à Virginia City, et celle-ci se maintint presque stationnaire jusqu'au 17. Cet air chaud dévia légèrement vers l'Est, et le 18, il atteignait le voisinage des Grands Lacs.

La grande oscillation diurne de température observée à Denver et aux environs dépendait probablement un peu de la configuration de la contrée, mais la cause la plus importante résidait dans l'extrême sécheresse de cette région. Dans une contrée où la quantité annuelle de pluie est faible, et où la surface du sol devient très-sèche, la terre absorbe aisément les rayons du soleil, et il s'opère une faible évaporation pour contrebalancer leur action échauffante. C'est pourquoi, le thermomètre s'élève, pendant le jour, plus haut qu'il ne le ferait si la terre était humide et recouverte de gazon vert. Pendant la nuit, au contraire, la chaleur se dissipe rapidement, et il ne se fait pas de condensation de vapeur, qui, privée de sa chaleur latente, pourrait contrebalancer les effets du rayonnement. Aussi, durant la nuit, le thermomètre tombe plus bas qu'il ne le ferait dans une atmosphère humide.

Le même phénomène a été remarqué dans d'autres contrées qui ont un climat sec. A Madrid, en Espagne, l'oscillation moyenne diurne du thermomètre est beaucoup plus grande que dans plusieurs régions de l'Europe. Le tableau suivant indique la différence entre la moyenne des maxima diurnes et des minima diurnes à Madrid pour les mois de juin et de juillet pendant une période de huit années. La quatrième colonne indique la plus haute température observée durant chaque année, et la cinquième la quantité de pluie recueillie (p. 115).

La dernière colonne du tableau de l'oscillation diurne de température montre que, pendant le mois de juin 1873, il régna une sécheresse inaccoutumée dans le Colorado, le Wyoming et le Montana. Par suite de cette extrême sécheresse, l'influence de la cha-

leur des rayons solaires fut grandement accrue, et cette cause, combinée avec celle de la fréquence des vents du Sud, peut servir à expliquer sans doute la température extrêmement élevée qui fut observée dans cette région. La chaleur constatée dans le voisinage des Grands Lacs peut être attribuée, en partie, aux mêmes causes agissant dans cette localité et, en partie, à une masse d'air chaud, desséché durant son parcours vers l'E, par son passage à travers les régions arides de l'Ouest.

Variations du thermomètre à Madrid (Espagne). Altitude 591^{m}3.

ANNÉES.	JUIN.	JUILLET.	Plus haute température.	QUANTITÉ de pluie annuelle.
1866	14°0	16°3	41°1	503^{m}4
1867	17.1	17.5	38.2	382. 3
1868	17.3	16.8	39.3	300. 5
1869	17.0	17.9	40.6	280. 7
1870	17.8	18.2	40.4	325. 4
1871	15.0	18.1	42.4	412. 0
1872	18.2	18.4	41.3	388. 6
1873	15.5	18.2	40.3	382. 8
Moyennes	16.4	17.6	40.4	371. 9

La température remarquable observée à Fort-Sully et indiquée dans le premier paragraphe, paraît dénoter quelque particularité relative à cette localité. Afin de découvrir la nature de cette particularité, j'ai réuni tous les cas dans lesquels on avait observé une température de 100° F (37° 8) et au-dessus dans les *Rapports annuels du Service des Signaux* pour 1873, 1874 et 1875. Le tableau suivant indique le nombre de ces observations pour chaque année. Pour l'année 1875, les observations ne portent que sur les six premiers mois. L'astérisque (*) signifie que l'on n'a pas reçu, des stations indiquées, les observations des thermomètres enregistreurs.

Ces observations montrent que le thermomètre s'élève rarement à 100° F (37°8) dans le voisinage de l'Océan Atlantique, du Golfe du Mexique et des Grands Lacs. Les exemples de plus forte chaleur sont le plus fréquents entre le fleuve du Mississippi et les

Montagnes Rocheuses. Cette chaleur est une conséquence de la sécheresse du sol et de l'atmosphère de cette région ; et elle contribue à augmenter la sécheresse dont elle résulte. Si l'on compare les températures élevées à Fort-Sully avec les observations recueillies dans les stations voisines, on peut constater qu'elles sont tout à fait exceptionnelles.

Nombre d'observations de température de 37° 8.

STATIONS.	1873.	1874.	1875.	STATIONS.	1873.	1874.	1875.
Fort Gibson ..	*	21	0	Louisville	0	3	0
Shreveport ...	*	3	18	Denver.....	0	2	0
Fort-Sully	20	13	2	Dodge-City ...	*	0	2
Leavenworth..	0	12	0	Keokuk	1	2	0
Nashville.....	*	7	0	La Crosse	*	2	0
Omaha.....	0	6	0	Augusta. Ga ..	*	1	0
Cairo.....	0	4	0	Cincinnati	0	1	0
Corsicana.....	*	0	4	Indianola	0	1	0
Memphis	*	4	0	Jacksonville...	*	1	0
Montgomery..	0	4	0	Mobile	0	1	0
Saint-Louis...	*	4	0	Washington ..	1	1	0
Dubuque	*	3	0	Yankton.....	*	1	0

Les colonnes du tableau suivant indiquent :

1° Une série de stations du fleuve du Mississippi ;

2° La latitude de ces stations ;

3° Leur altitude (en mètres) au-dessus de la mer ;

4° Le nombre de fois que le thermomètre s'éleva à 100° F (37°8) en 1873, 1874 et 1875.

Température de 37° 8.

STATIONS.	LATITUDE.	ALTITUDE.	CAS.
Leavenworth.....	39° 19'	247.9	12
Omaha.....	41 16	318.7	6
Yankton.....	42 45	395.2	1
Fort Sully.....	44 39	514.5	35
Bismark.....	46 48	514.4	0

Les trois premières stations, ainsi que la cinquième, indiquent une diminution régulière dans l'intensité de la chaleur à mesure qu'on avance vers le Nord ; mais Fort-Sully accuse des températures de beaucoup supérieures à celles des stations situées à quelques milles au Sud. Les instruments météorologiques de cette station sont placés entre les murailles du fort, et les thermomètres sont probablement influencés par la chaleur rayonnée du sable sec, et des maçonneries. Ceci paraît être la raison la plus probable de la température excessive observée à Fort-Sully.

ZONES DE PLUIE ; LEUR FORME, LEURS MOUVEMENTS, LEUR DISTRIBUTION, ETC.

Afin de trouver la forme des zones de pluie, les lois qui régissent leurs mouvements et les relations de ces zones avec les courbes isobares, j'ai choisi dans une période de 15 mois (sept. 1872 à nov. 1873) tous les cas dans lesquels il était tombé au moins deux pouces de pluie en huit heures dans une station. Puis je répartis ces divers cas en deux catégories, selon que les stations se trouvaient au Nord ou au Sud, du 36e parallèle. Le tableau suivant indique tous les cas qui se sont présentés dans les stations du Sud. Ses diverses colonnes renferment :

1° Les numéros d'ordre ;

2° Le jour et l'heure de l'observation (le chiffre 1 se rapporte aux observations de 7 h. 35 m. ; 2 à 4 h. 35 s., et 3 à 11 h. s.) ;

3° La station dans laquelle il tomba la plus grande quantité de pluie ;

4° La hauteur exacte de pluie tombée ;

5° La hauteur barométrique dans cette station ;

6° La direction et la force du vent dans la dernière observation précédente ;

7° La direction et la force du vent à la date mentionnée dans la deuxième colonne ;

8° L'indication du mouvement cycloïdal déterminé par la direction générale des vents dans les stations voisines ;

9° L'indication d'une dépression barométrique locale ;

10° L'indication de l'existence d'une haute pression, ou d'une basse pression, dans la région au Nord de la station considérée.

Pluie de deux pouces dans les stations au sud du 36° *parallèle.*

Numéros d'ordre	DATES.	STATIONS.	Pluie.	Pression.	VENT à l'obs. préc.	VENT à l'obs. prés.	Mouvement Cycloïdal.	Dépression locale.	Pression au N
	1872		mm.	mm.					
1	10 sept. 2	Jacksonville....	61.5	764.28	SE 3	N 2	probable	néant	basse
2	11 — 2	Montgomery....	50.8	760.22	E 4	SE 2	marqué	faible	—
3	25 — 1	Shreveport.....	52.1	764.79	W 5	NE 14	—	néant	—
4	26 — 1	Wilmington	53.1	763.27	Calme	S 4	—	—	haute
5	30 — 1	Charleston	52.6	762.25	SW 6	NE 6	—	—	basse
6	9 oct. 2	New-Orléans ...	55.6	760.98	E 8	E 8	—	faible	haute
7	22 — 2	Punta Rassa ...	52.3	759.96	E 23	SE 15	—	—	—
8	22 — 3	Jacksonville....	61.7	761.74	NE 12	E 13	—	—	—
9	23 — 1	Jacksonville....	52.1	757.68	E 13	W 1	tr. marq.	marquée	—
10	29 — 2	Shreveport.....	56.9	760.73	Calme	SW 10	p. marq.	faible	basse
11	26 nov. 1	Galveston	95.3	755.90	E 2	SE 28	marqué	marquée	—
12	6 — 3	Montgomery....	69.3	760.73	E 3	SE 22	—	faible	haute
13	8 — 1	New-Orléans ...	80.0	758.19	NE 16	N 18	—	—	—
14	8 — 2	Mobile	51.8	757.93	NE 8	E 12	—	marquée	—
15	10 déc. 1	Indianola.....	54.4	758 44	NE 35	N 40	—	faible	—
16	18 — 2	New-Orléans ...	55.9	764.03	SW 6	NE 8	—	néant	—
	1873								
17	5 janv. 1	Lake City	50.8	759.20	SE 4	SE 7	marqué	faible	basse
18	16 — 1	New-Orléans....	51.1	759.96	S 8	NW 12	—	—	—
19	29 mars 1	Lake City	50.8	761.23	NE 8	NW 12	—	—	—
20	29 avril 2	Savannah	54.6	761.74	S 10	Calme	faible	—	—
21	1 mai 2	Montgomery....	77.5	758.69	SE 4	SE 4	—	—	—
22	5 — 3	New-Orléans ...	60.9	757.17	E 12	E 16	marqué	marquée	—
23	6 — 2	Mobile	59.4	758.19	NE 6	NE 16	—	—	—
24	18 — 2	Galveston	50.8	756.15	SE 16	NE 22	—	—	—
25	19 — 2	Mobile	62.7	761.74	NW 1	N 8	p. marq.	néant	—
26	20 — 1	New-Orléans ...	57.8	759.96	N 3	SE 12	faible	faible	—
27	1 juin 2	Key West.....	52.1	762.00	NE 2	SW 6	marqué	—	haute
28	8 — 4	Mobile	53.3	762.25	SW 2	W 1	—	—	basse
29	10 — 3	Memphis.....	68.1	761.49	SE 8	NE 4	—	—	égale
30	21 juil. 2	Mobile	58.4	763.77	N 4	S 8	—	néant	basse
31	22 — 2	Mobile	79.8	766.57	NE 16	E 16	faible	—	—
32	2 août 2	Punta Rassa ...	84.3	763.52	NE 4	N 2	marqué	—	—
33	6 — 1	Charleston.....	52.1	767.84	NE 4	NE 8	néant	—	haute
34	8 — 3	Vicksburg.....	50.8	764.03	Calme	Calme	p. marq.	—	—
35	9 — 2	New-Orléans...	51.6	762.50	E 12	E 10	douteux	p. marq.	basse
36	17 — 3	Punta Rassa ...	68.3	761.79	SW 13	E 5	p. marq.	néant	haute
37	20 — 2	Jacksonville....	94.5	763.52	SE 4	E 20	marque	—	—
38	21 — 1	Galveston	93.2	760.73	E 5	Calme	—	faible	basse
39	21 — 2	Mobile	51.8	760.98	NE 4	E 8	—	—	—
40	30 — 2	Indianola.....	54.9	747.08	SE 20	N 6	p. marq.	néant	—
41	13 sept. 2	Galveston	74.9	761.23	NE 9	NE 14	—	p. marq.	haute
42	18 — 1	Mobile	59.7	759.46	NE 7	E 12	marqué	faible	basse
43	18 — 2	Mobile	69.3	759.46	E 12	E 12	—	—	haute
44	20 — 1	Vilmington	60.4	757.42	NE 8	NW 14	—	—	basse
45	26 — 2	Indianola.....	75.2	758.19	SE 20	S 14	douteux	p. marq.	—
46	3 oct. 1	Jacksonville....	69.6	763.01	N 12	NW 4	—	—	haute
47	1 nov. 1	Havana	71.1	761.79	NE 11	NE 10	—	faible	—
48	2 — 3	Galveston	88.9	763.27	S 16	S 12	marqué	—	—
49	5 — 2	Montgomery....	75.4	763.52	Calme	SE 1	—	—	—
50	17 — 2	Havana	73.1	755.14	SW 5	NW 6	probable	douteuse	basse
51	22 — 3	Shreveport.....	54.9	756 92	N 5	SE 5	marqué	marquée	—
52	29 — 1	Havana	53.3	766.57	NW 6	NE 4	probable	douteuse	haute

Pour la discussion d'un grand nombre de ces observations, j'ai tracé sur les Cartes des États-Unis, les courbes isohyétales (d'égale pluie tombée) pour chaque quart de pouce. Ces courbes montrent que, lorsqu'il n'existe qu'un centre principal de condensation, la forme de la zone de pluie est presque circulaire, et son diamètre varie de 350 à 750 milles.

Ces pluies excessives ne sont pas de longue durée, mais leur durée exacte ne peut être déduite des observations. Dans deux cas (les numéros 8 et 42) il tomba plus de deux pouces de pluie, dans la même station, dans deux intervalles successifs de huit heures ; dans d'autres cas, peu nombreux, ces grandes quantités de pluie furent suivies, durant huit heures, d'une chute d'un pouce ou davantage, soit dans la même station, soit dans une station un peu plus à l'est. Le tableau suivant indique tous les cas dans lesquels une de ces fortes pluies fut suivie d'un pouce de pluie dans la station voisine, durant l'intervalle de huit heures après :

Observations de forte pluie continuant plus de 8 *heures.*

DATES.	PLUIE.	STATIONS.	DATES.	PLUIE.	STATIONS.
1872	mm.		**1872**	mm.	
11 septemb. 2	50.8	Montgomery.	11 septemb. 3	27.9	Lake-City.
22 octobre 2	52.3	Punta-Rassa.	22 octobre 3	61.5	Jacksonville
23 octobre 2	51.8	Jacksonville.	23 octobre 2	40.1	Charleston.
6 novemb. 1	95.3	Galveston.	6 novemb. 3	69.1	Montgomery.
6 novemb. 2	47.7	Galveston.			
8 novemb. 1	79.7	New-Orléans.	8 novemb. 2	51.8	Mobile.
10 décemb. 1	54.3	Indianola.	10 décemb. 2	26.2	Galveston.
1873			**1873**		
5 janvier 1	50.8	Lake-City.	5 janvier 2	30.2	Norfolk.
1 mai 2	77.2	Montgomery.	1 mai 3	45.7	New-Orléans.
5 mai 3	61.0	New-Orléans.			
6 mai 1	59.4	Mobile.	6 mai 3	41.7	Jacksonville.
6 mai 2	28.2	Montgomery.			
20 mai 2	52.8	New-Orléans.	20 mai 3	30.7	New-Orléans.
21 août 1	92.4	Galveston.	21 août 2	51.8	Mobile.
18 septemb. 1	59.6	Mobile.	18 septemb. 2	69.1	Mobile.
3 octobre 1	69.6	Jacksonville.	3 octobre 2	31.8	Jacksonville.

Dans trois cas, nous trouvons trois périodes successives de forte pluie, et dans deux cas, nous trouvons quatre périodes semblables, indiquant une durée de pluie pendant trente-deux heures. Nous

concluons, d'après cela, que les grandes chutes de pluie ne continuent pas, généralement, plus de huit heures, et que très-rarement elles durent plus de vingt-quatre heures, soit dans une seule station, soit dans une série de stations différentes.

Ces fortes pluies semblent être le résultat d'une situation d'équilibre instable entre les diverses couches de l'atmosphère. Lorsque près de la surface du sol, l'atmosphère s'échauffe plus que de coutume, elle tend à s'élever; et, si cette atmosphère renferme une grande proportion de vapeur d'eau, sa gravité spécifique est, par suite, diminuée, et sa tendance à s'élever devient plus accentuée. Il arrive fréquemment que l'atmosphère se trouve dans un état d'équilibre instable, et alors une cause très-légère suffit pour déterminer un rapide mouvement général de la surface de l'air, qui se traduit par une condensation de vapeur.

Lorsque l'air, dans cette condition instable, est animé d'un mouvement le long de la surface du sol, une faible irrégularité de la surface peut être suffisante pour déterminer un mouvement tout autour de ce point. De là nous pouvons conclure que, si un courant d'air chaud et humide s'écoule à partir de l'Océan et se heurte contre les terres, il doit en résulter, le plus souvent, un mouvement général rapide, accompagné d'une forte pluie. Cette conclusion est confirmée par la discussion des observations précédentes. Parmi les stations du *Signal Service* au sud du 36e parallèle, on en compte douze situées depuis le littoral de l'Atlantique jusqu'au golfe du Mexique. Dans ces stations, durant une période de quinze mois, le nombre moyen de grandes pluies (de deux pouces en huit heures) a été de 3,6. Parmi les stations du *Signal Service*, au sud du 36e parallèle, il en existe encore cinq continentales, dont la distance moyenne à la mer est de 200 milles, et pour lesquelles, durant la même période, le nombre moyen de grandes pluies a été de 1,8 ; c'est-à-dire que, près du littoral, les fortes pluies surviennent deux fois plus souvent qu'on ne les observe dans les stations de l'intérieur, à une distance de 200 milles de la côte.

Toutes les fois qu'un rapide mouvement atmosphérique général commence, il doit se manifester une tendance générale de l'air à se mouvoir tout autour de ce point, et l'air doit circuler de droite à

gauche comme dans les grandes tempêtes. Par conséquent, chaque forte pluie doit être accompagnée par un mouvement atmosphérique intérieur et circulaire. Dans près des deux tiers des cas précédents, on avait la preuve certaine de l'existence d'un pareil mouvement cycloïdal, et dans un grand nombre d'autres restants, on avait certains indices d'un mouvement de ce genre. Si l'on pouvait tirer des observations d'un nombre suffisant de stations, il est à croire qu'on reconnaîtrait quelque degré de mouvement cycloïdal dans chaque cas de forte pluie.

La dépression barométrique qui accompagnait ces pluies était généralement faible ; néanmoins, dans certains cas, elle était très-appréciable. Au moment des observations inscrites dans le tableau des pluies au S du 36° parallèle, la hauteur moyenne du baromètre était inférieure à 762^{mm} 00, tandis que, dans les mêmes stations, la hauteur moyenne annuelle était presque de 764,50. Ce qui explique pourquoi un mouvement atmosphérique circulaire ne produit qu'une si faible dépression, c'est que : 1° la vitesse du vent est faible (en moyenne elle est inférieure à neuf milles à l'heure) ; 2° la zone du mouvement cycloïdal est étroite (généralement de 500 milles de diamètre environ) ; et 3° les stations sont voisines de l'équateur.

En ayant égard à la formule de Ferrel, une grande dépression barométrique exige un vent violent ; le mouvement cycloïdal doit s'étendre sur une large zone ; et la dépression du baromètre est proportionnelle au sinus de la latitude de la région. Dans près de la moitié des cas précédents, il existait une zone de basses pressions s'étendant sur la partie septentrionale des États-Unis, et, comme d'habitude, il existait une zone de haute pression au N de la station. Ces différentes conditions paraissent être presque également favorables.

La répartition de ces 52 cas suivant les saisons, est indiquée ci-après :

Printemps, 8 ; Été, 14 ; Automne, 14 et 12 ; Hiver, 4.

Ainsi nous voyons que les grandes pluies sont plus fréquentes lorsque l'action calorifique des rayons du soleil est la plus

grande, et que l'atmosphère renferme la plus forte proportion de vapeur.

La répartition de ces cas, d'après les heures du jour, a été la suivante :

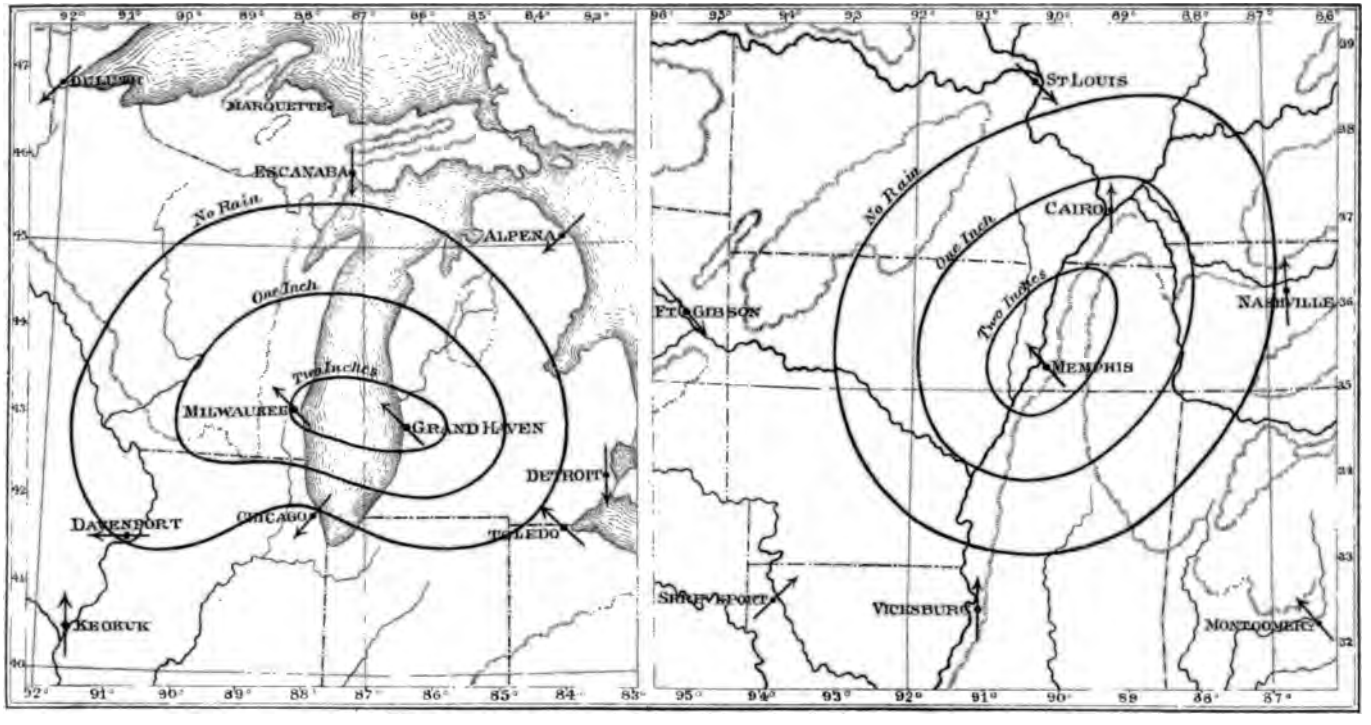
A	7	heures	35	minutes	du	matin,	19	cas ;
A	4	»	35	»	du	soir,	25	»
A	11	»	00	»	du	soir,	8	»

Les intervalles entre les observations, que nous avons supposés de huit heures, pour plus de facilité, sont, en réalité, inégaux. Faisant, toutefois, l'aveu nécessaire de l'inégalité des intervalles, il paraît clairement démontré que, dans les États-Unis, au Sud du 36e parallèle, les fortes pluies sont moins fréquentes, de quatre heures 35 minutes du soir à onze heures du soir, que durant le reste de la journée. Si nous connaissions le moment exact du commencement et de la fin de chaque pluie, nous pourrions déterminer l'heure précise du maximum ou du minimum de fréquence des fortes pluies.

La planche III représente les courbes d'égale quantité de pluie tombée pour le 10 juin 1873, correspondant au n° 29 d'un des tableaux précédents. La courbe extérieure indique les limites extrêmes de la zone de pluie, la suivante les limites de la zone de pluie d'un pouce, et la courbe intérieure, les limites de la zone de pluie de deux pouces. Les flèches indiquent la direction du vent d'après l'observation de 4 heures 35 minutes du soir, en présumant qu'elle a dû être celle du commencement de la pluie. Il existait alors un centre de dépression (754,63) près du lac Ontario, et un centre de haute pression près de Charleston, S. C. (766,02). Par suite de cette inégalité de pression, les vents de S dominaient généralement sur les États du Sud.

Un courant de NW s'était néanmoins établi dans le voisinage du Minnesota, et ce vent soufflait à Saint-Louis et à Fort-Gibson. La température était de 21° 7 à Saint-Louis et de 30° 6 à Memphis. Ce courant plus froid de NW circulait probablement au-dessous de celui de SE à partir de Memphis, et le forçant à se relever tout à coup, y déterminait ainsi une rapide condensation de la vapeur.

RAIN AREA SEPT 23 1872. RAIN AREA JUNE 10 1873 PLATE X.



PLUIE DE DEUX POUCES (50^{mm} 8) DANS LES STATIONS AU NORD DU 36° PARALLÈLE.

Le tableau suivant renferme tous les cas dans lesquels on a observé au moins deux pouces de pluie en 8 heures dans une des stations au nord du 36° parallèle, de septembre 1872 à novembre 1873. Les colonnes de ce tableau indiquent :

1° Les numéros d'ordre ;

2° Le jour et l'heure de l'observation ;

3° La station où l'on a observé la plus grande quantité de pluie ;

4° La quantité exacte de pluie tombée ;

5° La hauteur du baromètre dans la même station ;

6° La direction et la force du vent dans la dernière observation précédente ;

7° La direction et la force du vent à la date mentionnée dans la deuxième colonne ;

8° La direction du centre de la pluie par rapport au centre de dépression barométrique le plus voisin ;

9° La distance, exprimée en milles, entre le centre de la zone de pluie et le centre de dépression barométrique ;

10° La hauteur du baromètre au centre de basse pression.

Dans toutes ces observations, il exista une zone de basse pression entre les limites des États-Unis, et généralement la zone de plus grande quantité de pluie tombée se trouvait englobée dans le mouvement cycloïdal accompagnant la dépression barométrique. Néanmoins, la distance entre le centre de la zone de pluie et le centre de la dépression était très-variable. Dans 16 cas, elle fut moindre que 250 milles ; dans 6 cas, entre 250 et 500 milles ; dans 5 cas, entre 500 et 750 milles, et dans 4, supérieure à 750 milles.

Dans les deux observations du 27 juillet, la dépression fut trop faible et trop éloignée pour exercer quelque influence sur les vents à Philadelphie et à Washington.

Nous voyons ainsi, par ce tableau, que les grandes chutes de pluie, au nord du 36° parallèle, s'observent généralement à environ 250 milles d'un centre de dépression, et presque invariablement

sur le côté E de ce centre. Dans deux cas (numéros 12 et 31), le centre de la pluie s'est trouvé à l'O du centre de dépression.

Pluie de deux pouces dans les stations au nord du 36e parallèle.

Numéros d'ordre	DATES.	STATIONS	Pluie.	Pression.	VENT à l'obs. préc.	VENT à l'obs. prés.	Position relative du centre de la zone de pluie et de la dépression : direction.	Position relative du centre de la zone de pluie et de la dépression : distance.	Basse pression.
	1872								
1	23 sept. 2	Grand Haven...	73.4	756.15	SE 6	SE 7	E	660	745.49
2	26 sept. 2	Mt-Vashington..	57.7	755.55	SW 43	SW 32	S 80 E	733	751.58
3	28 sept. 3	Chicago.....	51.3	745.49	NE 22	NE 11	*	*	745.49
4	25 oct. 1	Norfolk.....	86.6	760.73	E 13	SE 8	*	*	760.73
5	26 oct. 1	Philadelphie....	53.1	756.41	E 20	SW 12	S 54 E	137	755.39
6	7 nov. 1	New-York.....	63 5	753.87	SE 4	NW 10	S 65 E	177	744.98
7	26 déc. 1	Norfolk.....	52.8	748.28	NE 21	N 20	*	*	748.28
	1873								
8	5 janv. 2	Philadelphie....	55.4	752.09	NE 20	NE 8	S 58 E	218	748.03
9	1 mai 1	Nashville	55.9	755.14	SE 4	E 25	S 64 E	420	751.33
10	9 mai 2	New-London ...	59.7	763.52	NE 4	NE 26	N 85 E	696	752.34
11	20 mai 1	Lynchburgh	53.3	762.00	NE 4	Calme	S 80 E	886	748.03
12	9 juin 3	Saint Louis.....	74.4	758.69	S 8	S 5	S 21 W	420	754.38
13	22 juin 3	Saint Paul.....	57.9	750.57	SE 13	SE 18	N 70 E	185	752.34
14	23 juin 1	Saint Paul.....	58.4	751.07	SE 18	SW 2	S 70 E	88	747 52
15	2 juil. 1	Indianapolis....	51.8	760.47	SE 12	SW 3	S 5 E	218	756.15
16	16 juil. 1	Marquette	53.3	760.47	Calme	S 8	N 88 E	549	748.53
17	16 juil. 2	Fort-Garry.....	62.2	749.04	E 10	S 5	*	*	749.04
18	17 juil. 3	Buffalo.....	50.8	752.85	SW 14	SW 7	*	*	752.85
19	26 juil. 1	Buffalo.....	55.8	757.68	SE 4	Calme	N 56 E	160	757 17
20	27 juil. 2	Washington	53.8	764.79	S 10	W 8	S 63 E	1175	754.88
21	27 juil. 3	Philadelphie	51.6	756.06	NW 8	S 8	S 64 E	1140	758.19
22	13 août 1	Philadelphie ...	58.7	763.01	E 16	NE 12	N 70 E	360	759.96
23	13 août 2	Philadelphie....	58.1	761.23	NE 12	NE 22	N 40 E	360	758.19
24	13 août 3	Baltimore	82.8	758.44	NE 12	NE 12	N	40	758.44
25	14 août 1	Breckenridge...	52.1	758.44	S 16	SE 16	N 53 E	187	754.63
26	25 août 2	Erié.....	50.8	757.42	SE 1	W 4	N	312	754.38
27	10 sept. 1	Norfolk.....	52.1	766.06	Calme	E 4	N 22 E	668	761.23
28	19 sept. 3	Mt-Vashington..	55.9	758.44	SW 24	W 12	N	202	751.58
29	7 oct. 1	Portland Me....	51.3	746.76	N 12	N 24	*	*	746.76
30	19 oct. 3	New-London....	57.2	756.92	SE 2	SE 24	N 34 E	379	749.80
31	24 nov. 2	New-London....	71.1	744.22	SE 14	N 1	S 61 W	90	743.15

Mais il faut rappeler que cette pluie avait eu lieu durant les huit heures qui précédaient l'instant de l'observation barométrique. Le milieu de la pluie peut être considéré comme correspondant à un instant précédant de quatre heures celui de l'observation barométrique, et, durant ces quatre heures, le centre de dépression avance généralement de 100 milles vers l'E. Par conséquent, nous pouvons conclure que, dans l'observation portant le n° 31, la pluie principale eut lieu sur le côté SW du centre de dépression, mais la variation barométrique ne fut que d'un dixième de pouce à 350 milles. Le centre de la zone de pluie s'observait plus fré-

uemment dans le quadran NE du centre de dépression que dans
: quadran SE.

Les quatre cas dans lesquels le centre de la pluie fut à plus de
50 milles de distance du centre de dépression le plus voisin, por-
ant les nos 6, 11, 20 et 21. Dans le n° 6, un cyclone local distinct
était formé près de New-York, accompagné d'une légère dépres-
on barométrique locale, qui eut pour effet de pousser le centre
e dépression vers l'E avec une rapidité extraordinaire. De 7 heures
5 minutes du matin à 4 heures 35 minutes du soir, c'est-à-dire
a neuf heures, le centre de dépression avança de 900 milles à
E, et cependant la plus grande vitesse reconnue pour le vent, à
'importe quel endroit près de la trajectoire de la tempête, fut
eulement de 38 milles par heure à Mont-Washington, ce qui dé-
ontrait que l'avancement du centre de la dépression n'était pas
û entièrement au transport de l'air de l'ouest vers l'est, mais
lutôt à une *diminution* de la pression sur le côté est de la bour-
asque, et à une *augmentation* de la pression sur son côté ouest.

Dans le n° 11, Lynchburg se trouvait, un tant soit peu, plus
rès du centre de haute pression que de celui de basse pression.
'étaient les indices d'un faible cyclone local formé près de Lynch-
urg; cependant, les stations d'observation étaient trop peu nom-
reuses pour démontrer ce fait d'une manière concluante.

Dans les nos 20 et 21, le centre de la zone de pluie était beau-
oup plus près du centre de haute pression que du centre de basse
ression. A 4 heures 35 minutes du soir, un cyclone local distinct
était formé vers Baltimore, Washington et le cap May; toutefois,
zone du cyclone était de faible diamètre, et son influence sur
baromètre à peine sensible.

Nous voyons, par suite, que les grandes chutes de pluie peuvent
produire sous l'influence d'une zone de haute comme d'une
ne de basse pression, et, lorsqu'elles se manifestent à une
ande distance d'un centre de dépression, elles sont générale-
ent accompagnées d'un mouvement cyclonique distinct et local.
Sur les 31 cas indiqués dans le tableau précédent, 15 se sont
oduits sur le littoral de l'Atlantique, et le nombre de stations
observations sur la côte étant de 11, on en conclut une moyenne

de 1,37 pour chaque station. Il y a donc 16 cas pour le reste des États-Unis, et le nombre de stations y étant de 59, on en conclut une moyenne de 0,27 pour chaque station. Ainsi nous voyons qu'au nord du 36° parallèle, les grandes chutes de pluie sont cinq fois plus fréquentes sur le littoral de l'Atlantique qu'en tout autre point des États-Unis à la même latitude. La fréquence des grandes pluies dans le voisinage des grands lacs, n'est pas sensiblement plus grande que dans les stations du continent très-éloignées de ces lacs. La répartition de ces 31 cas, suivant les saisons, est représentée par les nombres que voici :

Printemps, 3; Été, 15; Automne, 5 et 6; Hiver, 2; accusant une fréquence de grandes pluies en été aussi bien définie que dans les stations du Sud.

La répartition de ces cas, suivant les heures du jour, est indiquée ci-après :

7 heures 35 minutes du matin, 14 cas;

4 heures 35 minutes du soir, 9 cas;

11 heures du soir, 8 cas.

Si l'on opérait sur ces nombres la correction nécessitée par l'inégalité des intervalles de temps, on verrait que le nombre le plus élevé correspondrait encore à l'heure de l'observation du matin.

Le tableau suivant indique tous les cas dans lesquels une de ces fortes pluies a été accompagnée de moins d'un pouce de pluie pendant les huit heures suivantes.

Dans les stations du Sud, sur 52 cas de forte pluie, il s'en présenta 12 dans lesquels la forte pluie continua durant deux périodes de huit heures ; dans les stations du Nord, sur 31 cas, il y en eut 13 dans lesquels la forte pluie persista durant ces deux périodes, ce qui démontre que les fortes pluies sont de plus longue durée dans les stations du Nord que dans les stations du Sud. Dans deux observations, on constata que le centre de la zone de pluie paraissait se diriger vers l'ouest. Ainsi, le 16 juillet au matin, le centre de la zone de pluie était à Marquette, et se trouvait à plus de 500 milles à l'est du centre de basse pression; mais, dans l'après-midi, le centre de la zone de pluie coïncida avec celui de basse pression, c'est-à-dire que le centre de cette zone de pluie s'était transporté

vers le NW. De même, le 1er mai au matin, le centre de la zone de pluie se trouvait à plus de 400 milles à l'est du centre de basse pression ; dans l'après-midi, le centre de la zone de pluie s'était porté vers le S, et, le soir, vers le SW.

Observations de forte pluie durant plus de 8 *heures.*

DATES.	PLUIE.	STATIONS.	DATES.	PLUIE.	STATIONS.
1872	mm.		**1872**	mm.	
26 septemb. 2	57.4	Mt-Washingt.	26 septemb. 3	30.5	Mt-Washingt.
26 septemb. 3	51.0	Chicago.			
29 septemb. 1	33.3	Grand Haven.			
25 octobre 1	86.4	Norfolk.	25 octobre 2	36.8	New-York.
7 novemb. 1	63.5	New-York.	7 novemb. 2	37.8	New-London.
1873			**1873**		
1 mai 1	55.8	Nashville.	1 mai 3	45.7	New-Orléans.
1 mai 2	77.2	Montgomery.			
9 juin 3	74.2	Saint-Louis.			
10 juin 1	27.2	Saint-Louis.	10 juin 2	38.1	Indianapolis.
22 juin 3	57.9	Saint-Paul.			
23 juin 1	58.4	Saint-Paul.			
16 juillet 1	53.3	Marquette.	16 juillet 2	62.0	Fort-Garry.
17 juillet 3	50.8	Buffalo.			
18 juillet 1	26.7	Mt-Washingt.			
27 juillet 2	53.8	Washington.	27 juillet 3	51.5	Philadelphie.
13 août 1	58.4	Philadelphie.	13 août 3	82.8	Baltimore.
13 août 2	54.9	Philadelphie.			
7 octobre 1	51.3	Portland Me.	7 octobre 2	40.6	Eastport.
19 octobre 3	56.9	New-London.			
20 octobre 1	49.8	Burlington.	20 octobre 2	35.1	Mt-Washingt.

La direction et la force moyennes du vent, durant ces observations de forte pluie, dans les stations du Sud comme dans celles du Nord, ont été les suivantes :

		Direction	Force
Sud du 36e parallèle	A l'observation précédente	N 79° E	8,1
—	A la date de l'observation	N 75° E	9,9
Nord du 36e parallèle	A l'observation précédente	S 69° E	11,8
—	A la date de l'observation	S 39° E	11,3

Ainsi nous voyons que, dans les stations du Nord comme dans celles du Sud, les fortes pluies sont généralement accompagnées de vents d'E. Dans les stations du Nord, les vents de SE sont plus fréquents, tandis que ce sont les vents de NE dans les stations du Sud.

Dans les stations du Sud, on compte 11 cas dans lesquels on n'a pas mentionné de vent d'E, soit à la date de l'observation, soit à l'observation précédente. Ces exceptions portent les numéros 4, 10, 18, 20, 25, 28, 30, 34, 46, 48 et 50. Dans quatre de ces cas, la vitesse du vent a été indiquée par zéro ; dans deux, elle a été d'un mille à l'heure ; dans deux, de quatre milles ; dans un, de cinq milles ; dans un, de huit milles, et dans un, de douze milles. Ainsi donc, nous voyons que, durant une forte pluie, ou bien le vent souffle de quadran E, ou bien sa vitesse est presque toujours faible.

Dans les stations du Nord, on compte huit cas dans lesquels on n'a pas mentionné de vent d'E, soit à la date de l'observation, soit à l'observation précédente. Ces exceptions portent les numéros 2, 12, 16, 18, 20, 21, 28 et 29. Deux de ces observations ont été faites au Mont-Washington ; dans un des cas restants, la vitesse du vent a été indiqué par zéro ; dans un cas, elle a été de cinq milles à l'heure ; dans un, de sept milles ; dans deux de huit milles, et dans un, de douze milles. Ainsi, nous voyons que, dans les stations du Nord aussi bien que dans celles du Sud, durant une forte pluie, ou bien le vent souffle de quelque point à l'E, ou bien sa vitesse est presque toujours faible.

La planche III représente les courbes d'égale quantité de pluie tombée, pour le 23 septembre 1872, numéro 1 d'un des tableaux précédents. La courbe extérieure indique les limites extrêmes de la zone de pluie ; les autres courbes limitent les zones de pluie d'un pouce et de deux pouces. Les flèches indiquent la direction du vent à 7 heures du matin, c'est-à-dire antérieurement au milieu de la durée de la pluie.

Il existait alors un centre de dépression (745,49) près d'Omaha, qui se trouvait à l'Ouest du centre de la zone de pluie et à une distance de 660 milles. Près du littoral de l'Atlantique existait une zone de haute pression (768,35). Par suite de cette inégalité de pression, les vents de SE dominaient généralement sur une grande partie de la vallée du Mississippi. Les vents de N commençaient à souffler du voisinage des lacs Supérieur et Huron, et ils étaient déterminés par une basse température et une pression élevée. Ce vent de N, plus froid, soufflait probablement au-dessous du vent

de SE qui avait régné sur le lac Michigan et il avait produit ce mouvement centrifuge rapide de l'air, suivi d'une pluie excessive à Grand-Haven et à Milwaukee.

Dans un grand nombre de cas mentionnés dans le tableau des stations au Nord du 36e parallèle, les observations font reconnaître qu'un vent de SE dans certaines stations, était opposé à un vent d'O ou de N dans d'autres stations. Cette opposition ou interférence des vents se traduisait généralement par un mouvement cycloïdal, que les observations indiquent clairement dans presque tous les cas mentionnés au tableau dont il s'agit. Lorsque la zone de pluie était éloignée du centre de basse pression, ce mouvement circulaire était local et circonscrit à une zone étroite, et ne pouvait généralement influer, d'une manière sérieuse, sur les courbes isobares.

Note. — En préparant les matériaux de ce Mémoire, j'ai été secondé par M. Edward S. Cowles, Ph. D., *graduate of Yale College of the class of* 1873.

SEPTIÈME MÉMOIRE

Présenté à l'Académie nationale des sciences de Washington, le 18 avril 1877.

(Extrait du *Journal américain des Sciences et des Arts*. Vol. XIV, juin 1877.)

Résultats de la discussion des observations du Service des Signaux des États-Unis, ainsi que d'autres documents.

FORME, DIMENSIONS, MOUVEMENT, DISTRIBUTION, ETC., DES ZONES DE PLUIE.

J'ai étudié, dans mon dernier Mémoire, tous les cas dans lesquels la quantité de pluie a été plus grande que de coutume, dans une des stations du *Signal Service,* durant une période de quinze mois (de septembre 1872 à novembre 1873). Je me propose, maintenant, d'étudier ceux dans lesquels la quantité totale de pluie, pour toutes les stations, a dépassé la moyenne habituelle.

Le tableau suivant renferme tous les cas dans lesquels la quantité de pluie s'est élevée à huit pouces au moins, dans l'espace de huit heures. Ses diverses colonnes indiquent :

1° Le numéro d'ordre ;

2° Le jour et l'heure d'observation (le numéro 1 se rapportant à l'observation de 7 heures 35 du matin ; le numéro 2 à 4 heures 35 soir, et le numéro 3 à 11 heures soir) ;

3° Le total, en millimètres, de pluie tombée dans toutes les stations, durant les huit heures précédentes ;

4° La station dans laquelle il tomba le plus de pluie ;

5° La quantité de pluie tombée dans cette dernière station ;

6° La hauteur du baromètre dans cette même station ;

7° La hauteur du baromètre dans le centre de basse pression le plus voisin ;

8° La direction du centre de la zone de pluie, inscrit dans la colonne 4, par rapport au centre de basse pression, inscrit dans la colonne 7 ;

Quantité de pluie totale dans toutes les stations, atteignant au moins 8 *pouces* (203^{mm}2) *en* 8 *heures*

Numéros d'ordre.	DATES.	Pluie totale.	STATION ou la pluie a été maxima	Pluie dans cette station.	Barom. dans cette station.	Plus basse pression.	Position du centre de pluie par rapport au centre de dépression. Direction	Distance.	VENT à l'obs. précédente.	VENT à l'obs. actuelle
	1872	mm		mm		mm		milles		
1	sept. 11.2	273.3	Marquette....	48.5	756.9	755.4	N 50 W	287	SE.1	W 1
2	— 11.2	252.2	Saugeen.....	44.2	755.4	753.9	N 40 W	78	S.3	Calme
3	oct. 6.3	222.3	Vicksburg....	26.7	762.5				N.8	E.3
4	— 7.2	217.9	Montréal.....	34.3	759.5	757.2	N	156	SW.2	NE.3
5	— 22.3	210.8	Jacksonville..	61.7	761.9				NE.12	E.13
6	— 23.1	237.2	Jacksonville..	52.1	757 7				E.13	W.1
7	— 25.1	226.3	Norfolk.....	87.6	760.7	760.7	*	0	E.13	SE.8
8	— 26.1	223.5	Philadelphie .	53.1	756.4	755.4	S 65 E	137	E.20	SW.12
9	nov. 6.3	251.7	Montgomery..	69.3	760.7				E.3	SE.22
10	— 7.1	343.4	New-York....	63.5	753.9	745.0	S 54 E	777	SE.4	NW.10
11	déc. 18.2	222.8	New-Orléans .	55.9	764.0				SW.6	NE.8
12	— 20.1	368.0	New-York....	43.1	756.4	747.5	S 55 E	287	NE.17	NW.20
13	— 26.1	240.3	Norfolk.....	52 8	748.1	748.1	*	0	NE.21	N.20
	1873									
14	janv. 2.2	231.6	Keokuk.....	41.4	745.5	742.4	S 44 W	134	Calme.	W.12
15	— 3.1	219.2	New-York....	45.7	757.7	738.9	S 57 E	761	NE.16	E.6
16	— 5.1	323.6	Lake City....	50.8	759.2				SE.4	SE.7
17	— 5.2	412.8	Philadelphie .	55.4	751.9	748.0	S 58 E	218	NE.20	NE.8
18	— 16.1	256.0	New-Orléans .	51.1	760.0				S.8	NW.12
19	— 17.1	204.5	Philadelphie .	27.2	756.9	750.3	S 36 W	630	SW.18	NW.18
20	fév. 16.1	268.5	Louisville....	40.6	750.8	749.0	E	195	NE.8	Calme
21	— 16.2	250.7	Cape May....	39.1	753.2	750.6	N 87 E	448	E.18	S.6
22	— 26.2	225.6	Knoxville....	31.2	756.9	745.7	S 39 E	507	E.5	Calme
23	mars 29.1	270.5	Lake City....	50.8	761.2				NE.8	NW.12
24	— 29.2	266.2	Oswego.....	37.6	736.8	736.8	*	0	SE.12	NE.12
25	avril 8.1	221.1	Indianapolis .	27.4	754.6	752.9	N 46 E	343	NE 7	E.4
26	— 8.2	217.7	Saint-Louis ..	41.9	752.9	749.8	N 82 W	245	N.34	W.9
27	mai 1.2	238.0	Montgomery..	77.5	758.7				SE.4	SE.4
28	— 2.1	299.2	Wilmington..	25.7	759.0				S.12	NE.2
29	— 2.2	215.6	Wilmington..	25.9	733.9				NE.2	SW.30
30	— 8.1	211.6	Lynchburg...	34.8	761.5	751.6	S 57 E	565	NE.12	NE.8
31	juin 23.1	219.7	Saint-Paul ...	58.4	751.1	749.8	S 67 E	93	SE.18	SW.2
32	— 30.2	234.4	Port Stanley..	46.0	750.8	745.7	S 60 E	591	SW.3	SW.3
33	juil. 17.3	276.4	Buffalo.....	50.8	752.9	752.9	*	0	SW.14	SW.7
34	— 27.2	244.6	Washington ..	53.8	764.8	754.9	S 63 E	1175	S.10	W.8
35	août 12.2	214.6	Galveston....	42.7	763.0				NW.4	W.2
36	— 13.1	241.8	Philadelphie .	58.7	763.0	760.0	N 73 E	346	E.16	NE.12
37	— 13.2	210.1	Philadelphie .	55.1	760.8	758.2	N 41 E	348	NE.12	NE.22
38	— 18.2	217.9	Wilmington..	38.1	763.3				Calme.	SW 6
39	— 21.1	242.8	Galveston....	93.2	760.7				E.5	Calme
40	sept. 19.2	289.3	Cape May....	58.8	754 4	754.1	S 12 W	487	E.3	NW.8
41	— 19.3	227.6	MtWashington	55.9	758.4	751.6	N	202	SW.24	W.12
42	— 24.1	241.6	MtWashington	39.4	765.0	758.4	N 7 E	222	W.6	NW.12
43	— 28.1	220.7	Fort-Gibson..	25.7	755.7				E.7	SE.6
44	oct. 19.3	249.4	New-London..	57.2	756.9	749.8	N 34 E	329	SE.2	SE.24
45	— 20.1	448.3	Philadelphie .	49.8	748.5	748.0	N 16 W	89	E 12	N.12
46	— 20.2	311.7	Rochester....	35.1	753.1	743.2	N 26 W	273	N 20	NE.25
47	— 20.3	250.4	Buffalo..	31.2	745.5	744.2	N 54 W	160	N.23	N.14
48	— 27.1	210.8	Knoxville....	31.5	756.8	743.9			NW.24	W.25
49	— 27.2	220.5	Cape May.. ..	22.8	752.6	742.2	S 35 W	410	S.26	SW.4
50	nov. 8.1	219.5	Boston..	44.5	751.3	748.8	N 84 E	225	E.12	NE.17
51	— 18.1	209.0	Boston.....	38.1	728.7	728.0	N 48 E	101	NE.28	W.16
52	— 18.2	234.4	Sydney.....	34.8	738.9	723.1	N 75 E	332	E.10	SE.18
53	— 24.1	283.5	Nashville....	27.4	758 4	749.0	S 48 W	520	Calme	W.8
54	— 24.2	373.1	New-London .	71.1	744.2	743.5	S 61 W	90	SE.14	N.12
55	— 27.2	246.6	Charleston...	44.5	759.7				Calme	N.8

9° La distance du centre de la zone de pluie à celui de la dépression atmosphérique, exprimée en milles anglais ;

10° La direction et la force du vent la veille de l'observation inscrite dans la table ;

11° La direction et la force du vent, dans la station inscrite colonne 4, et à la date inscrite colonne 2.

Pour chacun des cas mentionnés dans ce tableau, les courbes isohyétales ont été soigneusement dessinées sur des cartes des États-Unis, et exactement comparées entre elles. Le tableau suivant indique l'étendue géographique de quelques-unes de ces zones de pluie. Les colonnes renferment :

1° Le numéro d'ordre inscrit dans le tableau précédent ;

2° Le plus grand diamètre et le plus petit, exprimés en milles anglais, de la zone dans laquelle il est tombé au moins un pouce d'eau (25^{mm} 4) en huit heures ;

3° Les mêmes éléments pour la zone sur laquelle la quantité de pluie a été au moins d'un demi-pouce (12^{mm} 7) en huit heures.

Dimensions de la zone de pluie.

N°.	ZONE d'un pouce de pluie.	ZONE demi-pouce de pluie.	N°.	ZONE d'un pouce de pluie.	ZONE demi-pouce de pluie.	N°.	ZONE d'un pouce de pluie.	ZONE demi-pouce de pluie.
10	720—230	920—398	17	443—167	714—333	20	338—173	890—406
9	605—334	668—330	16	440—160	858—356	54	338—194	458—358
45	546—318	724—350	27	380—296	468—390	7	320—288	394—312
39	490—188	514—236	32	374—150	796—340	5	312—276	394—394
55	468—162	652—312	6	360—304	440—402	11	300—174	494—300
31	446—216	774—332	8	354—144	436—266	18	242—162	858—224

La forme de ces courbes de pluie est, quelquefois, tout à fait irrégulière, mais, généralement, elle se rapproche d'une ellipse dont le grand axe n'est pas tout à fait double du petit axe. Cette forme allongée des zones de pluie est beaucoup mieux accusée dans les tempêtes qui sévissent près du littoral de l'Atlantique, que dans

les régions éloignées de l'Océan. On peut reconnaître que, dans trois cas, la zone de pluie d'un pouce avait plus de 500 milles de longueur, et que, dans six cas, la zone de pluie d'un demi-pouce avait plus de 750 milles de longueur. Dix fois, la zone de pluie d'un quart de pouce a oscillé entre 1180 et 500 milles ; vingt fois cette zone s'étendit entre 1000 et 572 milles ; et, dans deux ou trois autres cas, les dimensions des zones de pluies, furent presque aussi grandes. Fréquemment, la zone entière de pluie est une ovale dont la longueur dépasse 1000 milles, et dont la largeur dépasse 500 milles.

J'ai démontré, dans mon sixième Mémoire, que, vers le Sud du 36° parallèle, les zones de pluie se trouvent souvent soumises à l'influence d'une zone de haute pression comme d'une zone de basse pression. C'est pourquoi j'ai dû laisser en blanc les colonnes 7, 8 et 9 qui, dans le premier tableau, se rapportent aux stations du Sud. Les nombres donnés, dans la huitième colonne, pour les stations du Nord, montrent que, dans 17 cas, le centre de la pluie était au N du centre de basse pression, et que dans seize cas, le centre de la pluie était au S du centre de basse pression. Dans 20 cas, le centre de la pluie s'est trouvé à l'est du centre de basse pression, et dans 12 cas, il s'est trouvé à l'Ouest de ce centre.

Néanmoins, si nous considérons le milieu de la durée de la pluie comme répondant à un moment précédant de quatre heures celui de l'observation barométrique, nous pouvons constater que, dans 4 de ces cas, savoir : 1° les numéros 1, 2, 14 et 54, la principale pluie s'est produite lorsque le centre de la pluie s'est trouvé à l'Est du centre de basse pression, ou tout au moins, très-près de ce dernier. Toutefois, dans quelques-uns de ces cas, le centre de la pluie existait manifestement à l'Ouest du centre de basse pression ; dans d'autres, la pluie paraissait exercer une certaine influence sur la direction du mouvement de la tempête. C'est ce que l'on peut remarquer, en particulier, sur les numéros 45, 46 et 47, dans lesquels on a observé que le centre de basse pression se mouvait vers l'*Ouest* au lieu de se déplacer vers l'Est. Comme cette observation est une des plus remarquables, nous allons l'étudier en détail.

ÉTUDE SPÉCIALE DE LA PÉRIODE DU 19 AU 23 OCTOBRE 1873.

Dans la matinée du 19 octobre 1873, il régnait, le long des côtes de la Caroline du Nord, de la Virginie et de New-Jersey, de légers vents d'E, ou assez généralement de SE, tandis que, sur la région W de la Virginie et de la Pensylvanie, les vents soufflaient plutôt de l'O et du NW. Cette opposition des courants aériens fut suivie de pluie, qui, dans l'après-midi, devint générale le long du littoral de l'Atlantique, depuis Wilmington jusqu'à Boston, et s'étendit à 300 ou 400 milles à l'intérieur des terres. Le baromètre baissa d'une manière continue, durant le jour, et un centre de pression *minima*, qui s'était accusé depuis vingt-quatre heures dans le voisinage de la côte de Floride, s'avançait rapidement vers le N. Durant la soirée du 19, les mêmes vents persistèrent, en augmentant d'intensité ; la pluie augmenta aussi, plus particulièrement vers Washington et New-London ; le baromètre continua à baisser, et le centre de pression *minima* s'avança vers Norfolk.

Dans la matinée du 20, le même système de vents régnait encore, mais il s'était transporté plus loin vers le N, et les vents de SE, près du littoral, s'étendaient de New-Yorck à la Nouvelle-Ecosse, avec une vitesse de douze à vingt-cinq milles à l'heure, rencontrant des courants opposés venant du N et de l'O, dans le voisinage des lacs Erié et Ontario. Le vent soufflait de l'E à Quebec, avec une vitesse de 46 milles à l'heure et du SE à Mont Washington, avec une vitesse de 75 milles à l'heure. La quantité totale de pluie tombée dans toutes les stations, durant les huit heures précédentes, fut plus grande que celle qu'on recueillit dans le même espace de temps, durant les quinze mois étudiés dans cette discussion. Le centre de plus basse pression avait alors atteint le cap May, et celui de la zone de pluie se trouvrait à 250 milles plus loin au N. Dans la journée du 21, le système des vents d'E, près de la côte de Nouvelle-Angleterre et de Nouvelle-Ecosse, avait poussé plus loin dans l'intérieur, et, dans l'après-midi, il s'étendait jusqu'à Rochester, devenu alors le centre de maximum de pluie, tandis que le centre de plus basse pression se déplaçait légèrement dans la même direction. Le vent soufflait faiblement

de l'E à Quebec, avec une vitesse de 46 milles à l'heure; et à Mont-Washington, il soufflait du SE, avec une vitesse de 78 milles à l'heure. Durant la matinée du 20, le même système de vents se maintint, mais le centre de la zone de pluie se trouvait à Buffalo, et celui de plus basse pression s'avançait dans la même direction. Le vent était faible à Quebec, et soufflait de l'E avec une vitesse de 42 milles à l'heure, et à Mont-Washington, du SE, avec une vitesse de 78 milles à l'heure. Le 21, au matin, des vents de S et d'E s'étendaient depuis la côte de Nouvelle-Angleterre jusqu'au lac Erié, où tombait alors la plus grande quantité de pluie, et où se trouvait aussi le centre de plus basse pression. A Grand-Haven, sur le lac Michigan, le vent soufflait du N à raison de 32 milles à l'heure, et à Mont-Washington, du SE, avec une vitesse de 55 milles. Le 21, après midi, le système de vents était presque le même, toutefois leur intensité avait sensiblement diminué. A Mont-Washington, le vent soufflait du SE à raison de 38 milles à l'heure. Le centre de pression *minima* s'était alors avancé vers l'Ouest près du lac Michigan, résultat produit, apparemment, par une seconde zone de basse pression qui venait du NW, et qui s'était réunie avec une de celles que nous avions considérées. Durant la matinée du 21, le mouvement des vents vers l'E, près de la côte de Nouvelle-Angleterre, était très-notablement amoindri; la pluie avait également diminué, et le centre de pression *minima* avait un peu avancé vers le N. Le 22 au matin, la pluie avait presque cessé, les vents étaient généralement modérés, et le centre de pression *minima* se trouvait légèrement vers le NE. Durant la journée du 22, il existait, dans la région méridionale des Etats-Unis, deux centres de maximum de pression, sous l'influence desquels les vents du S dominaient généralement à l'E du Mississippi, tandis que sur la région NW des Etats, les vents venaient du NW. Il en résultait une circulation des vents vers le lac Supérieur, et le centre de plus basse pression se mouvait dans cette direction. Le 23, la pression augmenta sur les Etats du Sud; les vents de S dominèrent généralement tout autour de la région des lacs, et le centre de minimum de pression paraissait poussé un peu plus loin vers le NW, mais comme ce centre venait de passer

au-delà des stations d'observations, il fut impossible de préciser sa position.

La planche I indique les courbes d'égale quantité de pluie tombée pour le 20 octobre à 7 h. 35 du matin. La courbe extérieure marque les limites extrêmes de la zone de pluie durant les 8 h. 1/2 précédentes ; la courbe voisine, les limites de la zone d'un demi-pouce ; la troisième courbe, la zone sur laquelle la pluie a été d'un pouce au moins ; et la courbe intérieure, la zone d'un pouce et demi de pluie (38^{mm} 1.) A Philadelphie et à Burlington, il tomba 1 p. 96 (40^{mm} 8) de pluie durant les 8 h. 1/2, et il est probable que, près du centre de la zone de pluie, la quantité d'eau tombée dépassa 2 pouces (50^{mm} 8). Les positions successives du centre de pression *minima* sont indiquées par les nombres 19. 2, 19. 3, 20. 1, etc., et la ligne sinueuse qui relie ces points représente la trajectoire du centre de plus basse pression, du 19 au 22 octobre. Les flèches dessinées à côté des diverses stations représentent la direction des vents, le 19 octobre à 11 h. du soir, c'est-à-dire au commencement de la pluie figurée sur la carte.

Cette discussion nous offre l'exemple, très-exceptionnel, d'un centre de tempête marchant vers le NE pendant quelques jours. Ce résultat était apparemment produit par un vent d'une violence inaccoutumée, qui aurait pris naissance sur l'Océan Atlantique, et se serait rencontré avec des vents opposés, provenant de l'intérieur, et déterminant une pluie tout à fait insolite ; puis, le centre de pression *minima* aurait suivi le centre de la zone de pluie. Ces faits paraissent démontrer qu'une forte pluie, s'étendant sur une large zone, a une influence marquée sur la direction du mouvement du centre d'une bourrasque.

SUITE DE LA DISCUSSION DU TABLEAU DES QUANTITÉS DE PLUIE.

N° 26. La pluie principale a été constatée au NW du centre de plus basse pression, mais pas à plus de 150 milles de ce point.

N° 53. La pluie principale a eu lieu au SW du centre de pression *minima*.

Ces deux cas, conjointement avec le n° 12 étudié (p. 123) dans

mon dernier Mémoire, montrent que dans le voisinage du Kentucky, il n'est pas rare de voir la pluie principale se produire après que le centre de basse pression s'est transporté vers l'E.

N^os 40 et 49. La pluie a été plus abondante au Cap May qu'en toute autre station, mais il existait, en même temps, une autre zone de pluie beaucoup plus étendue, près du centre de pression *minima*. La pluie au Cap May résultait, apparemment, d'un cyclone local, qui ne pouvait affecter sérieusement la hauteur du baromètre.

N° 19. Il existait un centre de dépression en Nouvelle-Ecosse, mais sans influence marquée sur les vents près de Philadelphie. Il y avait un centre de haute pression en Iowa, et les vents étaient généralement de NW dans le voisinage de la région des Lacs. A Norfolk, le vent était du S, et un nouveau centre de basse pression se manifestait près du littoral de la Nouvelle-Caroline. La pluie qui tombait près de Philadelphie, le 17 janvier au matin, paraissait due à un mouvement cyclonique, plutôt qu'à l'influence de la dépression de Nouvelle-Ecosse.

La distance moyenne du centre de maximum de pluie au centre de plus basse pression, dans les cas observés au N du 36^me parallèle, est de 300 milles ; cependant, elle dépasse quelquefois 750 milles.

Dans 19 cas, la distance a été inférieure à 250 milles.

11	—	comprise entre 250 et 500 milles.
5	—	comprise entre 500 et 750 milles.
3	—	supérieure à 750 milles.

N° 34. Il existait un centre de dépression en Minnesota, mais il paraissait n'exercer aucune action sur les vents dans les régions E et S des Etats-Unis. Il s'y trouvait cinq centres de mouvement cyclonique local, et chacun d'eux était devenu le centre d'une zone de pluie, comme l'indique la planche II. Aucun de ces centres ne devint un centre de basse pression, bien que la zone de pluie persistât, pendant 16 heures, près de Washington.

N° 10. Il existait un centre de dépression sur le Lac Supérieur, mais il était trop éloigné pour exercer une influence marquée sur les vents près du littoral de l'Atlantique. Le 6 novembre au matin,

RAIN AREA OCT. 20.1873. PLATE XL.

les vents de S et d'E dominaient généralement tout le long de la côte d'Atlantique, et ils rencontraient, dans leurs parcours, des vents d'O résultant d'une haute pression en Tennessee. Il tomba de la pluie, durant la nuit du 6 novembre, sur une grande étendue de pays; elle fut particulièrement abondante le long de la côte de Georgie jusqu'au Massachusetts. Cette pluie a paru exercer une influence marquée sur l'accélération du mouvement du centre de basse pression, comme je l'ai indiqué dans mon précédent Mémoire (p. 124.)

N° 15. Semblable, sous bien des rapports, au n° 10, mais il n'a pas dû produire le même effet sur le mouvement du centre de dépression, ce qu'il faut peut-être attribuer à l'influence d'une autre zone de pluie, qui couvrait alors les environs de Montreal.

N° 19. Déjà décrit. Voir ce qui précède.

N° 32. Le centre de plus basse pression se trouvait au-delà du lac Supérieur, mais le baromètre était tout à fait bas à Port-Stanley (750.8), et il existait apparemment en ce point un cyclone local, qui s'est traduit par une forte pluie.

N° 30. On y reconnaît l'influence d'une zone de haute pression combinée avec celle d'une zone de basse pression. Le 7 mai, il existait une zone de basse pression près de l'embouchure de la Rivière d'Ohio, et une zone de haute pression en Nouvelle-Angleterre qui déterminait la formation d'un système de vents de S E le long de la côte de l'Atlantique, et s'étendant jusqu'à la région des Lacs. Il en résulta une légère pluie couvrant une vaste étendue de territoire, mais la pluie fut le plus abondante vers Lynchburg, c'est-à-dire près du point où le mouvement cyclonique paraissait le mieux accusé. Il est probable que les monts Alleghany exerçaient une certaine influence sur la production du mouvement vers le haut, du vent de S E près de cette localité.

N° 22. La pluie paraît avoir été le résultat de vents d'E le long de la côte d'Atlantique, opposés à des vents d'O près de la vallée du Mississippi, au S la zone de basse pression.

N° 53. Déjà décrit dans ce qui précède. Il est remarquable que le centre de basse pression se déplaçât vers le N E à raison de 54 milles à l'heure, laissant le centre de maximum de pluie

presque exactement derrière lui. Il existait, cependant, au même moment, deux autres zones de pluie d'une étendue cousidérable au NE, l'une vers Baltimore, l'autre vers Montreal.

Il résulte, de l'étude précédente, que dans les États-Unis, au S du 36e parallèle, les grandes pluies sont accompagnées d'un mouvement cyclonique de l'air, qui, parfois, semble être la conséquence d'une zone voisine de basse pression, et parfois, d'une zone de haute pression, ce dernier cas étant presque aussi fréquent que le premier. Au N du 36e parallèle, les zones de pluie sont très-souvent associées à des zones de basse pression et, généralement, on les remarque à l'E du centre de basse pression ; mais, accidentellement, elles se trouvent à l'O du centre de dépression, et cette circonstance se remarque le plus fréquemment dans le voisinage de la vallée de l'Ohio. De larges zones de pluie s'observent quelquefois dans les États du Nord à une grande distance du centre de dépression, où elles paraissent être plutôt sous l'influence d'un centre de haute pression que d'un centre de basse pression, et, dans ces cas, elles sont généralement l'indice d'un mouvement cyclonique local de l'atmosphère.

Au nombre des 55 cas énumérés dans le tableau précédent, on a observé, dans 38 d'entre eux, que le vent soufflait de quelque direction comprise entre le NE et le SE, soit à la date mentionnée dans le tableau, soit au moment de l'observation précédente. Sur les 17 cas restants, on a noté, 5 fois, le calme dans l'atmosphère ; 3 fois, le vent comme venant du S, et deux observations ont été faites au sommet du Mont-Washington. La vitesse du vent a été dans un des cas restants, de 2 milles seulement à l'heure ; dans un autre, de 3 milles ; dans un troisième, de 7 milles ; et dans un quatrième, de 9 milles à l'heure. Il reste seulement 3 cas dans lesquels, à chacune des 2 observations, le vent soufflait avec force d'une direction comprise entre le N et le SW. Ce sont les cas indiqués aux nos 19, 47 et 48.

N° 19. Sur la côte de l'Atlantique, près de Philadelphie, les vents étaient généralement du S ou du SE, tandis qu'ils étaient d'O ou de NW à 300 milles de la côte. Il paraît probable que ce courant de NW s'est trouvé comprimé sous le courant de SE

qui l'a enlevé au-dessus de la surface du sol et en a condensé ainsi la vapeur ; en outre, le vent de S observé à Philadelphie résultait de la rencontre du vent de SE venant de l'Océan avec le vent de NW venant de l'intérieur.

N° 47. Comme on l'a déjà indiqué plus haut, la zone de pluie se trouvait dans la région NW du centre de basse pression. Il paraît probable que, dans ce cas, le vent violent de SE venant de l'Océan s'étendait plus loin à l'O que Buffalo, et que sa vapeur était condensée par suite de son élévation au-dessus du sol, sous l'influence de la poussée du vent de NW au-dessous de lui. Ce phénomène est nettement mis en évidence par les observations suivantes du 20 octobre, 7 h. 35 m. du matin, des stations à l'O des limites de la zone de la pluie :

STATIONS.	VENT		Direction des nuages supérieurs.	Proportion des nuages ou nébulosité.
	Direction.	Vitesse.		
Alpena.....	Nord.	9 milles.	SW	0.75
Detroit.....	Nord.	12 milles.	S	0.75
Louisville.....	Nord.	16 milles.	S	0.25
Toledo.....	Nord.	15 milles.	SE	0.75

N° 48. Les vents de S soufflaient généralement en Georgie et dans les Carolines, avec des vents froids d'O et de NW dans les États du Nord-Ouest. Ce courant d'O, probablement poussé par un vent de S venu de l'Océan, et chassé au-dessus de la surface du sol, a condensé sa vapeur, et il est à présumer que ce vent de S dominait comme courant supérieur en plusieurs endroits, tandis que le vent de NW dominait à la surface. Nous voyons, ainsi, que durant de fortes pluies, le vent souffle généralement de quelque direction comprise entre le S et le NE, ou que sa vitesse est très-faible s'il souffle de tout autre quadran. Mais accidentellement, il tombe une forte pluie par un vent violent de quelque direction comprise entre le N et le SW, et, dans certains cas, il est à présumer qu'en même temps, un vent d'E domine sur les mê-

nous l'avons comme courant supérieur. Ce courant supérieur venant de l'E. est généralement caché par les nuages inférieurs dont le mouvement est, sensiblement, le même que celui du vent de la surface du sol : mais, lorsque les nuages bas se dissipent, on peut apercevoir quelquefois le mouvement de ce courant supérieur.

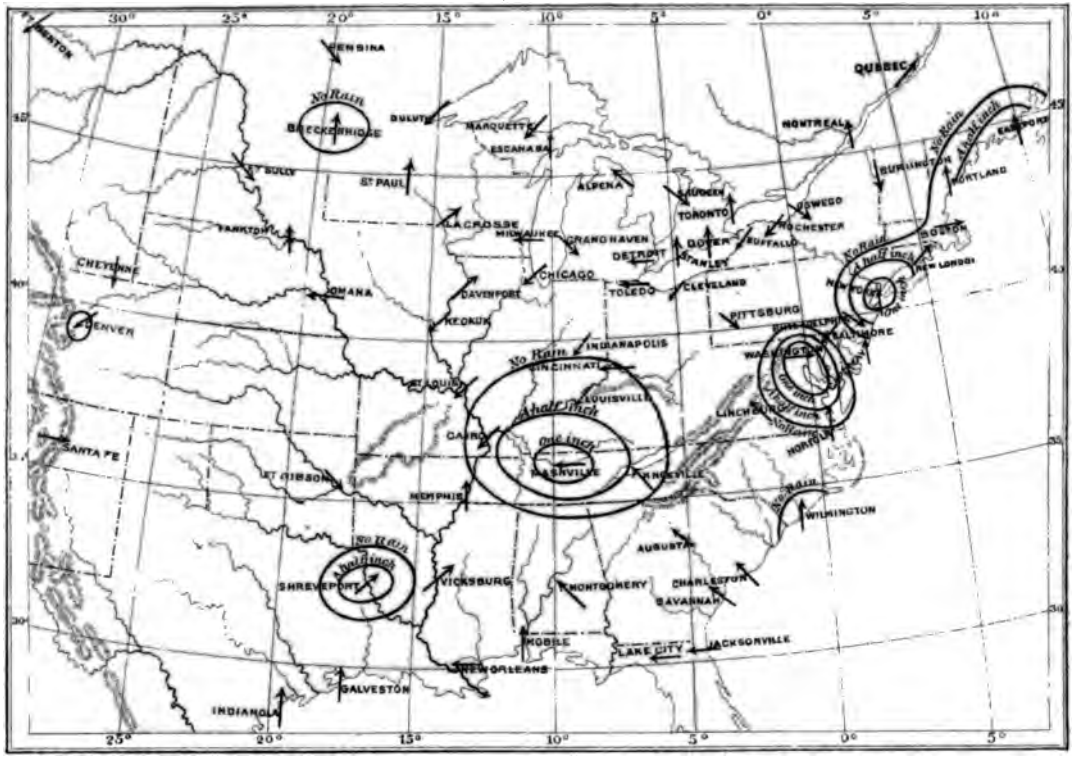
La vitesse moyenne du vent, à la date de l'observation mentionnée dans le tableau général, a été de 10 milles à l'heure, et, à la date de l'observation précédente, de 11 milles : dans 6 cas seulement, cette vitesse a atteint jusqu'à 25 milles à l'heure, soit à la date du tableau, soit à l'observation précédente. Ainsi, nous voyons que les plus fortes pluies sont rarement accompagnées de vent très-fort.

Un des faits les plus remarquables qui se lient aux pluies de grande étendue, est la tendance à la formation de centres distincts de précipitation. Si, dans chacun des cas mentionnés dans le tableau principal, nous traçons les limites de la zone sur l'étendue de laquelle la pluie a été d'un pouce au moins, nous trouverons que, dans la moitié de ces cas, il existe deux zones de cette espèce, distinctes l'une de l'autre, et que dans 11 cas, il en a existé jusqu'à trois. Si nous traçons la zone de pluie d'un demi-pouce au moins, nous trouvons que dans 45 cas, il y a au moins deux centres distincts, et que dans 29 cas, il y en a trois ou davantage. Si nous traçons la pluie d'un quart de pouce ou plus, nous trouvons que, dans trois cas seulement, savoir : n^{os} 8, 24 et 45, il n'y a pas eu, au moins, deux centres distincts.

Au n° 45, il existait apparemment un centre de pluie secondaire près de Charleston, et au n° 8, il tombait 0^{p}14 (3^{mm}6) de pluie à Alpena, au-delà de la zone principale. Ainsi, nous voyons que s'il existe une large zone de pluie sur les Etats-Unis, il est à observer qu'il existe, presque invariablement, plus d'un centre de précipitation et ce fait nous suggère l'idée que les conditions favorables à la chute de la pluie, dans une localité, sont généralement favorables à la chute de la pluie sur une région beaucoup plus vaste et qu'elles se traduisent souvent par une condensation simultanée sur plusieurs points éloignés l'un de l'autre.

La planche II indique les zones de pluie du 27 juillet 1873 à 4 heures 35 minutes du soir. Nous y apercevons quatre zones de

RAIN AREAS JULY 27, 1875. PLATE XII.



pluie, d'un pouce au moins, et pareil nombre de zones de pluie en quantité moindre. Le tableau suivant indique la plus grande quantité de pluie observée dans une station à l'intérieur de chacune de ces zones:

Pluie du 27 juillet 1873, 4 h. 35 m. du soir.

	mm		mm
Washington.	53.8	Shreveport.	21.2
New-York.	39.1	Breckenridge.	11.2
Nashville.	34.3	Wilmington.	4.6
Eastport.	25.4	Denver.	2.3

Il est possible que la zone de pluie de Washington ne soit pas entièrement distincte de celle de New-York, mais les observations indiquent clairement deux centres de maximum de pluie. Dans le cours de cette chute de pluie, le baromètre se tint à un peu plus de 30 pouces (762^{mm}) dans toutes les stations ici mentionnées, excepté à Breckenridge. Les flèches indiquent la direction du vent à 4 heures 35 minutes du soir. Il existait de véritables bourrasques locales près de Washington, de New-York et de Nashville, et des indices de vents opposés près de Shreveport et de Breckenridge. Il est à présumer que si les stations avaient été suffisamment nombreuses, le même fait aurait pu être mis en lumière pour chaque zone de pluie. Comme la plus étendue de ces zones cycloniques avait un diamètre inférieur à 1000 milles, et que la vitesse du vent était presque partout inférieure à 10 milles à l'heure, il n'en résultait pas d'effet appréciable sur le baromètre.

Parmi les cas mentionnés au tableau général, un nombre considérable dénote une variété de zones de pluie presque aussi remarquable que celle qui est figurée planche II. On peut signaler, entre autres, les numéros 1, 2, 3, 12, 14, 33, 36 et 41.

Afin de déterminer la durée des grandes pluies, j'ai choisi tous les cas dans lesquels une des pluies mentionnées au tableau général a été suivie d'au moins quatre pouces (101^{mm} 6) de pluie (quantité totale dans les 80 stations) durant une période suivante de huit heures. Le tableau ci-joint indique le résultat de cette étude.

Forte pluie (total de quatre pouces en huit heures) continua à tomber plus de huit heures.

DATES.	Total de pluie.	STATIONS où l'on a observé le maximum de pluie.	Dates.	Total de pluie.	STATIONS où l'on a observé le maximum de pluie.	Dates.	Total de pluie.	STATIONS où l'on a observé le maximum de pluie.	Dates.	Total de pluie.	STATIONS où l'on a observé le maximum de pluie.	Dates.	Total de pluie.	STATIONS où l'on a observé le maximum de pluie.
1872	mm		1877	mm		1872	mm		1872	mm		1872	mm	
sept 11.3	273.3	Marquette[1]. .	12.1	101.9	Grand-Haven[2]	12.2	212.2	Saugeen[1]. . . .	7.3	153.7	Norfolk			
oct. 6.3	222.3	Vicksburg. . .	7.1	150.1	Pittsburgh. . .	7.2	217.9	Montreal						
— 22.3	210.8	Jacksonville[1].	23.1	237.2	Jacksonville[2]	23.2	113.0	Charleston[3]. .	26.1	223.5	Philadelphie[1].	26.2	146.6	Mt-Washington[3].
— 25.1	226.3	Norfolk[1]. . . .	25.2	180.1	New-York[2]. .	25.3	127.8	Pittsburgh[3]. .						
nov. 6.1	251.7	Montgomery. .	7.1	343.4	New-York[1]. .	7.2	159.3	New-London[2]						
déc. 20.1	368.1	New York[1]. .	20.2	134.9	Boston[2].									
— 26.1	240.3	Norfolk[1]. . . .	26.2	154.9	Philadelphie[2]									
1873			1873			1873			1873			1873		
janv 2.2	231.6	Keokuk	2.3	161.8	Port Stanley[1]	3.1	219.2	New-York[2]. .						
— 5.1	372.6	Lake City. . .	5.2	41[1].8	Philadelphie.									
— 16.1	246.0	New-Orléans.	16.2	158.2	Detroit.	16.3		Lynchburg[1]. .	17.1	204.5	Philadelphie[2]			
fév. 16.1	268.5	Louisville[1]. .	16.2	250.7	Cape May[2]. .									
mar 29.1	230.5	Lake City . . .	29.2	266.2	Oswego.	29.3	147.3	Rochester[2] . .						
avr. 8.1	221.0	Indianapolis[1].	8.2	217.7	Saint-Louis[2].	8.3	135.7	Nashville[3]. . .						
mai 1.2	238.9	Montgomery. .	1.3	201.9	New-Orléans	2.1	299.2	Wilmington[1].	2.2	215.6	Wilmington[2].	2.3	113.3	Boston . . . . .
— 8.1	211.6	Lynchburg[1]. .	8.2	181.4	Washington[2]	8.3	124.2	Cape May[3]. . .	9.1	200.2	Indianola. . . .	7.2	202.7	New-London
juin 30.2	234.4	Port Stanley.	30.3	132.8	Oswego.	1.1	125.7	Denver.						
juil. 27.2	244.6	Washington. .	27.3	185.7	Philadelphie[2]									
août 13.1	241.8	Philadelphie[1]	13.2	210.1	Philadelphie[2]	13.3	138.4	Baltimore[3]. .	14.1	188.5	Breckenridge	11.2	149.6	Boston[1]. . . . .
— 21.1	247.8	Galveston[1]. .	21.2	179.3	Mobile[2]. . . .									
sept 19.2	389.3	Cape May[1]. .	19.3	227.6	Mt Washington	20.1	160.5	Wilmington .						
— 28.1	220.7	Fort Gibson[1]	28.2	159.5	Fort Gibson[2]	28.3	108.5	Chicago[3] . . .	29.1	194.3	Alpena[2]			
oct. 19.3	249.4	New-London[1]	20.1	418.3	Philadelphie[2]	2.2	311.7	Rochester[3]. .	20.3	250.4	Buffalo[1]	21.1	149.9	Clevelands. . .
— 27.1	210.8	Muoxville . . .	27.2	220.6	Cape May . . .									
nov. 8.1	219.5	Boston[1].	8.2	139.3	Eastport[2]. . .									
— 18.1	209.0	Boston.	18.2	234.4	Sydney.									
— 24.1	283.5	Nashville. . . .	24.2	373.1	New-London.									

Ainsi nous voyons que, durant une période de 15 mois, les divers cas observés se partagent de la manière indiquée ci-après :

26 : Pluie totale de 8 pouces en 8 heures, suivie d'un total de pluie de plus de 4 pouces dans les 8 heures suivantes ;

16 : Pluie suivie d'autant de pluie, durant une troisième période de 8 heures ;

8 : Quatrième période de 8 heures ;

5 : Cinquième intervalle de 8 heures ;

3 : Sixième intervalle de 8 heures ;

1 : Septième période de 8 heures.

Ces zones de pluie qui se succédaient l'une à l'autre suivant le cours naturel du temps, n'étaient pas, cependant, apparemment liées les unes aux autres dans tous les cas; c'est-à-dire qu'elles n'étaient pas des zones continues, ou même adjacentes entre elles. Les divers cas apparemment liés de la sorte, ont été indiqués par les numéros 1, 2, 3, etc., ajoutés aux noms des stations. Il ne faut pas en conclure que ces zones de pluie possèdent chaque fois un mouvement propre de translation dans la direction des stations indiquées ici. Dans quelques cas, ce mouvement apparent résultait d'un léger accroissement de condensation dans une partie de l'étendue de la zone de pluie, et d'un décroissement sur quelque autre partie. Cette remarque pouvait, probablement, expliquer deux ou trois des cas dans lesquels le mouvement apparent de la zone de pluie a été de l'E à l'O. Dans l'un d'eux, cependant, savoir: le 19 octobre 1873, la zone de pluie avançait incontestablement vers l'O depuis 48 heures comme on l'a montré plus haut. La vitesse moyenne du mouvement des zones de pluie indiquée par les nombres du tableau, était de 20.7 milles à l'heure.

Ce tableau montre que les grandes zones de pluie sont rarement de longue durée. Dans 23 cas, la même zone de pluie a persisté au moins pendant deux périodes de huit heures; dans 7 cas, elle a continué pendant trois périodes au moins, et dans 2 cas seulement, elle a continué pendant plus de trois périodes, c'est-à-dire 24 heures. Ainsi, nous voyons que les zones de pluie correspondant à une quantité totale de pluie tombée, de 8 pouces ($203^{mm}2$) au moins en 8 heures, dans les 80 stations, persistent rarement

plus de 24 heures, et qu'on n'observe que deux ou trois cas de ce genre, durant l'année, sur le territoire des États-Unis. Ce fait paraît dénoter que les causes qui déterminent la pluie, prennent rapidement d'elles-mêmes une extension considérable, et s'épuisent alors, au lieu de tirer de la pluie un nouvel accroissement d'énergie. Ce phénomène ne peut être expliqué en supposant que la vapeur de l'air a été entièrement condensée, parce que ces circonstances se présentent surtout près de la côte d'Atlantique, où le vent qui apporte les vapeurs vient précisément de l'Océan qui en est une source inépuisable. Ces faits paraissent plutôt dénoter que les forces qui communiquent le mouvement à l'air qui est sollicité à la condensation de sa vapeur, s'épuisent après quelques heures d'action.

Parmi les 55 cas mentionnés dans le tableau général, on a observé, 27 fois, que le maximum de pluie était tombé près de la côte d'Atlantique. Mais il n'existe qu'un cinquième des stations sur la côte d'Atlantique, c'est-à-dire que le centre des grandes zones de pluie se trouve, près de l'Atlantique, cinq fois aussi souvent qu'il se trouve dans les autres parties des États-Unis. Le centre des grandes zones de pluie ne se trouve pas dans le voisinage des Grands Lacs, plus souvent que dans les stations de l'intérieur, très-éloignées des Lacs.

La répartition de ces 55 cas suivant les saisons est indiquée ci-après :

Printemps, 8 ; Été, 9 ; Automne, 10 et 16 ; Hiver, 12.

On y reconnaît une légère prédominance des grandes zones de pluie durant l'automne et l'hiver. J'ai montré dans mon dernier Mémoire, que les pluies les plus abondantes, dans les stations considérées isolément, étaient le plus fréquentes durant les mois les plus froids.

La répartition de ces cas suivant les heures de la journée est indiquée ci-après :

7 heures 35 minutes du matin, 35 cas ; 4 heures 35 minutes du soir, 22 cas ; 11 heures du soir, 8 cas.

En corrigeant ces nombres en raison de l'inégalité des intervalles de temps, nous voyons toujours que de 4 heures 35 minutes

à 11 heures du soir, les grandes pluies ne sont pas de moitié plus fréquentes que durant le reste de la journée. Ce résultat est entièrement semblable à celui que j'avais trouvé dans mon dernier Mémoire, relativement aux grandes pluies dans certaines stations au S du 36e parallèle. Il est essentiel, pour l'exactitude de cette conclusion, que, dans chaque cas, le bulletin puisse indiquer la la quantité de pluie recueillie, à ce moment, depuis la précédente observation. Il y a quelques cas dans lesquels la dernière colonne du bulletin mentionne *forte pluie*, tandis qu'on ne trouve aucun chiffre de pluie dans la colonne spéciale. Il est à présumer que, généralement dans ces cas, la pluie venait seulement de commencer et que l'observateur supposait qu'il serait aussi exact, pour le bulletin, de rapporter le total de pluie à l'heure de la dernière observation. Cependant, on n'y peut trouver la raison pour laquelle on doit conclure, d'après ces nombres, que, les causes qui déterminent les pluies les plus abondantes aux États-Unis, agissent avec moins d'énergie le soir que durant le reste de la journée.

ZONES DE BASSE PRESSION SANS PLUIE.

Afin de comparer l'influence d'une très-petite pluie avec l'influence d'une très-grande pluie, j'ai choisi, durant une période de quinze mois (de septembre 1872 à novembre 1873) tous les cas dans lesquels la pluie n'a pas atteint un dixième de pouce en huit heures, dans l'une quelconque des stations.

Le tableau suivant indique ces divers cas.

Les colonnes de ce tableau renferment:

1° Le numéro d'ordre;

2° Le jour et l'heure de l'observation;

3° La quantité totale de pluie tombée, durant les huit heures précédentes, dans toutes les stations. En septembre 1872, le nombre des stations fut de 72, mais il augmenta progressivement pour atteindre, en novembre 1873, celui de 88;

4° La hauteur du baromètre au centre de pression minima le plus voisin;

Pluie de moins d'un dixième d

Numéros.	DATES.	Pluie totale.	Pression minima.	STATIONS.	MOUVEMENT du centre de dépression. Direction.	Vitesse.	PLUIE minima	PRESSION maxima.	STA
	1872								
1	Sept. 2.3	1.0	753.14	Fort-Sully.	*	6	0.0	768.35	Marq
2	— 3.1	1.5	753.61	Fort-Sully.	E	4	0.3	768.60	Escar
3	— 14.2	0.5	754.63	Fort-Sully.	E	22	0.0	769.62	Sang
4	— 14.3	0.5	753.36	Fort-Sully.	E	6	0.0	769.36	Toro
5	— 15.1	1.5	757.93	Duluth.	E	28	0.0	770.89	King
6	— 20.3	1.0	752.60	Leavenworth.	N 41 E	15	0.0	767.84	Augu
7	— 21.3	1.8	756.15	Chicago.	*	0	1.0	767.58	Wiln
8	Oct. 1.2	8.3	753.61	Fort-Sully.	N 69 E	24	0.0	767 58	Nash
9	— 1.3	1.8	758.44	Duluth.	N 69 E	24	0.0	768.85	Nash
10	— 5.2	3.0	753.87	Keokuk.	E	7	0.8	763.77	Jacks
11	— 5.1	3.6	757.42	Escanaba.	N 18 E	22	1.3	770.89	Portl
12	— 8.3	3.3	754.63	Marquette.	E	17	0.0	767.33	Lync
13	— 11.2	1.0	757.42	Fort-Sully.	?	?	0.0	769.62	Cinci
14	— 11.3	0.0	757.42	Duluth.	E	15	0.0	769.62	Cinci
15	— 12.1	0.0	754.63	Marquette.	E	17	0.0	769.62	Lync
16	— 12.2	2.5	754.42	Alpena.	S 67 E	24	0.3	765.77	Portl
17	— 14 3	2.0	751.58	Breckenridge.	N 62 E	42	0.0	768.09	Vick
18	— 15.1	1.3	749.04	Escanaba.	S 68 E	33	1.3	768.09	Knox
19	— 15.2	7.4	748.53	Grand-Haven.	S 36 E	30	7.4	765.77	Savai
20	— 15.3	6.1	750.06	Saugeen.	N 86 E	29	6.1	767.33	Augu
21	— 16.3	2.0	757.68	Fort-Sully.	N 82 E	47	0.0	770.63	Phila
22	— 19.3	0.8	758.44	Omaha.	N 54 E	5	0.0	767.58	Cinci
23	— 20.1	0.0	756.92	Omaha.	N 52 E	4	0.0	768.09	Nash
24	— 20.2	0.0	751.84	Breckenridge.	N 47 E	5	0.0	768.35	Norf
25	— 20.3	0.3	751.33	Marquette.	N 55 E	45	0.0	767.58	Norf
26	— 21.1	1.8	752.34	Escanaba.	S 77 E	15	0.0	770.12	Norf
27	— 21.2	2.5	756.15	Milwaukee.	S 16 E	11	0.0	769.11	Norf
28	— 31.2	0.0	756.15	Escanaba.	E	?	0.0	768.09	Nash
29	Nov. 15.2	9.9	751.58	Quebec.	E	?	5.8	779.01	Fort-
30	— 15.3	7.1	755.65	Quebec.	E	?	3.8	776.73	Fort-
31	— 16.3	4.1	760.98	Quebec.	E	?	0.5	778.51	Nash
32	— 17.3	1.5	764.79	Alpena.	E	?	0.0	780.03	Leav
33	— 21.1	1.8	754.12	Saint-Paul.	S 58 E	36	1.3	773.17	Lync
34	— 21.2	1.3	755.14	Alpena.	E	35	1.3	769.62	Cape
35	— 21.3	2.3	755.90	Escanaba.	E	6	1.5	768.09	Lync
36	— 23.2	2.5	754.38	Denver.	S 32 E	15	0.0	772.66	Mobi
37	— 27.3	0.5	759.71	Quebec.	E	?	0.5	778.25	Brec
38	— 28.1	0.0	764.28	Escanaba.	?	?	0.0	780.03	Brec
39	— 30.3	4.3	744.72	Pembina.	E	18	4.1	771.14	Jacks
40	Déc. 3.3	4.6	761.74	Fort-Sully.	E	10	0.0	773.93	Nash
41	— 4.1	2.8	760.47	Fort-Sully.	E	14	0.0	774.95	Nash
42	— 4.2	1.8	762.76	Saint-Paul.	S 86 E	42	0.0	771.65	Cinci
43	— 6.2	3.3	763.01	Fort-Sully	E	?	0.0	773.43	Dave
44	— 6.3	1.0	762.00	Fort-Sully.	E	?	0.0	772.41	Dave
45	— 7.1	2.3	753.61	Pembina.	N 49 E	31	1.3	771.90	Mem
46	— 14.2	2.8	751 58	Milwaukee.	N 73 E	48	1.5	773.93	Brec
47	— 14.3	5.6	755.14	Alpena.	N 69 E	37	3.0	773.17	Omal
48	— 31.3	11.2	753.61	Santa-Fe.	E	14	0.3	772.92	Dave
	1873								
49	Janv. 10.2	20.8	757.42	Montreal.	E	?	0.0	777.74	Mem
50	— 11.3	2.0	750.57	Fort-Sully.	S 74 E	15	2.0	776.47	Augu

3) *en* **8** *heures dans une station.*

	DATES.	Pluie totale.	Pression minima.	STATIONS.	MOUVEMENT du centre de dépression. Direction.	Vitesse.	PLUIE minima	PRESSION maxima.	STATIONS.
	1873								
31	Janv. 12.3	2.5	755.14	Milwaukee.	S 88 E	50	2.0	776.22	Boston.
32	— 19.2	9.9	747.52	Fort Garry.	S 72 E	13	1.8	769.11	Mobile.
33	— 19.3	5.1	747.01	Fort Garry.	S 81 E	14	3.3	768.85	Mobile.
34	Févr. 1.1	4.8	753.11	San-Francisco.	E	18	0.0	786.13	Fort-Sully.
35	— 1.3	1.7	753.61	San-Francisco.	E	13	0.5	780.79	Davenport.
36	— 9.1	8.4	751.07	Quebec.	E	?	2.8	774.95	Vicksburg.
37	— 10.1	2.0	749.30	Fort Garry.	E	27	0.0	774.70	Washington.
38	— 10.2	2.0	747.52	Escanaba.	E	36	1.5	772.41	Savannah.
39	— 17.2	2.5	746.25	Omaha.	N 76 E	46	2.5	769.36	Oswego.
40	— 23.2	8.1	752.60	Corinne.	?	?	0.0	768.09	Fort Sully.
41	— 25.2	6.4	744.72	Denver.	S 62 E	14	2.5	766.06	Chicago.
42	— 28.2	8.1	756.15	Cheyenne.	E	5	2.8	771.65	Cleveland.
43	Mars 5.2	2.5	749.55	Virginia-City.	E	?	2.0	778.76	Kingston.
44	— 5.3	0.0	747.26	Virginia-City.	E	?	0.0	780.28	Baltimore.
45	— 6.1	0.8	748.03	Fort-Benton.	E	?	0.5	781.81	Lynchburgh.
46	— 13.1	0.5	759.96	Fort-Benton.	?	?	0.0	772.66	Nashville.
47	— 13.2	0.8	751.33	Virginia-City.	E	20	0.3	770.38	Savannah.
48	— 13.3	0.5	756.66	Corinne.	E	20	0.0	772.16	Savannah.
49	— 16.3	1.0	753.87	Santa-Fe.	E	7	0.7	772.16	Cincinnati.
50	— 22.2	2.5	752 85	Omaha.	E	32	0.0	769.62	Fort-Sully.
51	— 22.3	0.3	753.36	Marquette.	E	32	0.0	773.93	Fort-Sully.
52	— 27.3	1.3	747.01	Omaha	S 50 E	42	0.0	771.14	Norfolk.
53	Avril 4.1	2.0	744.47	Yankton.	E	7	0.7	768.60	Kingston.
54	— 4.3	1.3	749.30	Leavenworth.	E	5	0.3	771.14	Kingston.
55	— 21.2	2.0	748.03	Leavenworth.	S 25 E	29	0.0	768.60	San-Francisco.
56	Mai 16.1	2.2	751.33	Santa-Fe.	?	?	1.8	766.06	Duluth.
57	Juin 20.2	5.8	751.84	Fort-Sully.	?	?	0.0	765.30	Mobile.
58	Juill. 6.3	1.0	756.41	Omaha.	E	5	0.0	765.04	Denver.
59	— 12.3	3.0	748.79	Breckenridge.	S 50 E	13	2.5	769.36	New-London.
60	— 21.3	4.3	746.50	Fort-Garry.	N 39 E	9	0.5	766.82	Lynchburgh.
61	Sept. 11.3	2.3	752 34	Marquette.	E	7	0.5	769.36	Fort-Benton.
62	— 21.3	7.6	755.90	Fort-Garry.	E	13	1.0	770.63	Washington.
63	Octob. 2.2	1.3	756.66	Savannah.	?	?	0.3	768.85	Marquette.
64	— 2.3	1.3	757.68	Savannah.	?	?	0.0	770.12	Marquette.
65	— 9.2	0.0	749.04	Fort-Garry.	?	?	0.0	770.63	Chatham.
66	— 9.3	2.0	751.33	Fort-Garry	E	?	0.5	771.14	Chatham.
67	— 10.2	1.0	753.87	Fort-Garry.	?	?	0.0	770.89	Corinne.
68	— 10.3	0.5	758.44	Duluth.	E	?	0.0	770.63	Cheyenne.
69	— 12.3	5.8	749.55	Fort-Garry.	E	19	0.0	771.90	Portland Or.
70	— 13.3	3.8	758.69	Alpena.	E	?	0.0	769.87	Wilmington.
71	— 14.2	2.8	753.36	Yankton.	N 71 E	25	0.3	770.63	Wilmington.
72	— 14.3	0.5	754.88	Fort-Sully.	N 71 E	6	0.5	773.17	Saugeen.
73	— 15.3	0.8	760.73	Saint-Paul.	E	20	0.0	775.20	Cape-May.
74	— 30.1	7.6	754.63	Duluth.	S 69 E	27	5.3	774.19	Philadelphie.
75	Nov. 9.3	4.1	746.25	Cape Rosier.	?	?	0.5	771.14	Corinne.
76	— 10.1	0.5	748.79	Farther-Point.	?	?	0.0	771.65	Corinne.
77	— 10.2	2.3	758.69	Fort-Sully.	?	?	0.0	770.63	Corinne.
78	— 13.3	4.6	752.09	Virginia-City.	N 77 E	25	0.0	767.84	Portland Or.
79	— 14.1	4.3	747.52	Fort-Garry.	N 77 E	25	0.0	771.14	Portland Or.
80	— 14.2	4.3	747.01	Fort-Garry.	N 77 E	25	2.3	770.63	Portland Or.
81	— 16.1	2.8	744.98	Oswego.	S 79 E	25	2.8	773.68	Corinne.

5° La station dans laquelle on observa la pression mentionnée dans la quatrième colonne ;

6° La direction dans laquelle le centre de basse pression s'est déplacé durant les huit heures précédentes ;

7° La vitesse de ce mouvement, exprimée en milles à l'heure ;

8° La quantité totale de pluie recueillie dans l'intérieur de la zone de basse pression, c'est-à-dire dans les stations où la pression était inférieure à 30 pouces (762.0). Fréquemment il exista, en même temps, un second centre de basse pression près des limites des États-Unis, mais les colonnes 4 à 8 se rapportent exclusivement au premier centre ;

9° La hauteur du baromètre au centre de la plus haute pression ;

10° La station où l'on observa cette haute pression. Souvent, il exista en même temps, plus d'un centre de haute pression dans les limites des Etats-Unis, mais les colonnes 9 et 10 se rapportent à ce qu'on pouvait regarder comme centre principal.

Ce tableau montre que les *minima* barométriques se manifestent fréquemment avec une pluie très-faible. Sur les 101 observations qu'il renferme, plus de la moitié indiquent une pression inférieure à 29P70 (754,4) ; il y en a un tiers inférieures à 29P60 (751,8), et à peu près un quart, inférieures à 29P50 (749.3). La pression moyenne dans les stations de plus grande pluie mentionnées dans le premier tableau de ce Mémoire a été de 29P74 (755,4).

Il faut remarquer avec attention que ces cas de pression *minima* se sont, généralement, produits dans la région où les stations étaient largement espacées, et qu'il pouvait être tombé de la pluie dans les points intermédiaires, où n'existait pas d'observateur. Il y a, néanmoins, un nombre considérable de cas dans lesquels la zone de basse pression renfermait un grand nombre de stations. Dans près de la moitié des cas, il y eut au moins vingt stations qui accusèrent une pression inférieure à trente pouces (762.0) ; dans le tiers de ces cas, il y eut au moins trente stations qui accusèrent une pression inférieure à trente pouces ; et dans certains cas, il y eut plus de cinquante stations qui signalèrent une pression inférieure à trente pouces. Le tableau suivant indique les exemples les plus impor-

tants. L'une des colonnes fait connaître le numéro d'ordre mentionné dans le tableau précédent; l'autre, le nombre de stations dans lesquelles le baromètre fut au-dessous de trente pouces (762.0).

Nombre de stations à l'intérieur de la zone de basse pression.

NUMÉROS d'ordre.	NOMBRE de stations.	NUMÉROS d'ordre.	NOMBRE de stations.	NUMÉROS d'ordre.	NOMBRE de stations.
75	70	52	43	39	34
101	67	35	43	6	33
77	58	7	43	16	32
19	53	17	42	24	31
76	51	18	42	36	31
20	48	10	41	11	30
60	47	71	39	27	30
39	45	74	39	29	30
70	45	100	39	59	30
53	44	58	35	61	30
34	44	73	34	90	30

Ceci paraît ne pouvoir permettre de douter que les *minima* barométriques se forment quelquefois sans pluie, ou en même temps qu'une faible pluie, et persistent sans pluie considérable, pendant 8 heures, et quelquefois 24 heures ou plus. Ces *minima* barométriques se maintiennent rarement stationnaires pendant 8 heures, mais presque invariablement ils se transportent vers l'E. Dans certains cas, le centre de basse pression se trouve hors des limites des États-Unis, de sorte qu'il est impossible d'évaluer, d'une manière satisfaisante, soit la direction de leur marche, soit la vitesse de leur mouvement. Les tableaux que nous venons de donner, renferment les meilleures indications que nous ayons pu déduire des observations. La moyenne de toutes les directions a été un peu au N de la direction E, et la vitesse moyenne 20,7 milles à l'heure. La direction n'est pas tout à fait aussi au N que celle que j'ai donnée dans mon troisième Mémoire pour les *minima* barométriques en général, et la vitesse est de 20 p. 100 plus faible.

Afin de montrer plus clairement le mouvement du baromètre durant ces périodes de faible pluie, j'ai représenté sur la carte III,

les courbes isobares pour une de ces périodes, savoir: 19-21 octobre 1872. L'ovale la plus occidentale représente l'isobare de 2ᵖ98 (756,9) pour le 19 octobre; la courbe voisine, l'isobare de 2ᵖ96 (751,8) pour le 20 octobre, et la plus orientale, l'isobare de 2ᵖ98 (756,9) pour le 21 octobre. Chacune des courbes répond à 4 heures 35 minutes du soir. On pourra reconnaître que, durant les premières 24 heures, le centre de basse pression s'est déplacé de 5 milles seulement par heure ; mais que, durant les 24 heures suivantes, le mouvement moyen a été de 22 milles à l'heure. Dans l'intervalle de ces 48 heures, il ne tomba pas une goutte de pluie dans les stations situées dans l'intérieur de la zone de pression moindre que 30 pouces (762,0) bien que cette zone eût un diamètre de 1500 milles à la date du 20 octobre.

Les observations de la nébulosité dans les différentes stations confirment les observations de pluie. Le tableau suivant renferme le résumé de ces observations. Ses diverses colonnes indiquent :

1° Les dates de l'observation;

2° Le nombre de stations, situées à l'intérieur de la zone de basse pression (c'est-à-dire de pression inférieure à 30 pouces) dans lesquelles le ciel fut noté entièrement clair, excepté lorsque l'air était très-généralement qualifié de *fumeux* ou *brumeux* ;

3° Le nombre de stations dans lesquelles le ciel fut nuageux en partie ;

4° Le nombre de stations dans lesquelles le ciel fut entièrement couvert.

DATES.	CIEL PUR.	CIEL PEU NUAGEUX.	CIEL COUVERT.
Octobre.			
19.2	5 stations.	2 stations.	2 stations.
19.3	8 —	2 —	néant.
20.1	9 —	5 —	néant.
20.2	13 —	7 —	3 stations.
20.3	15 —	3 —	3 —
21.1	5 —	7 —	3 —
21.2	4 —	9 —	5 —

Voici quelles ont été les stations dans lesquelles on a noté : Ciel couvert :

Octobre	19.2	Virginia-City et Duluth ;
—	20.2	Corinne, Cheyenne et Duluth ;
—	20.3	Denver, Cheyenne et Duluth ;
—	21.1	Saint-Paul, Duluth et Escanaba ;
—	21.2	Santa-Fe, Duluth, La Crosse, Keokuk et Toronto.

Six de ces cas ont été observés dans le voisinage des Montagnes Rocheuses, si éloignées du centre de basse pression que, s'il y avait eu de la pluie dans leur voisinage, elle n'aurait pu être invoquée comme cause du minimum barométrique en question. La longue durée du temps nuageux à Duluth, et l'étendue que couvrait cette zone de nuages à la date du 21, indiquent un mouvement d'élévation de l'atmosphère, suivi d'une légère précipitation de vapeur, qui s'est traduite par des pluies, dans des stations plus au N. Mais si nous faisons attention que, dans les États du Sud, une forte pluie couvrant une zone de quelques centaines de milles de diamètre, exerce à peine une influence appréciable sur le baromètre, nous ne pouvons supposer que la pluie très-circonscrite, comme on a pu en observer une du 19 au 21 octobre, ait eu une influence sensible sur la production du minimum barométrique, ou en déterminant son mouvement vers l'E, de sorte qu'il paraît exact de conclure que *la pluie n'est pas essentielle à la formation des zones de basse pression, et n'est pas la cause principale de leur formation ni de leur mouvement de progression.*

Le minimum barométrique du 19 octobre paraît être résulté d'une zone de haute pression (770,9) dans le voisinage de la vallée de l'Ohio, combinée avec une zone de haute pression (769,6) dans l'Oregon. Cet excès de pression barométrique en deux régions opposées a déterminé un mouvement général de l'atmosphère intermédiaire vers la vallée du haut Missouri, et chacun de ces courants, étant dévié de la droite par l'effet de la rotation de la terre, il s'est produit une diminution de pression sur la région comprise entre les Montagnes Rocheuses et le lac Supérieur. Ces deux zones de hautes pressions, en deux régions opposées de la zone de basse pres-

sion, ont offert une remarquable persistance du 19 au 21 octobre, mais elles avancèrent vers l'E à peu près avec la même vitesse que le minimum barométrique. La planche III montre la direction des vents le 20 octobre, à 4 heures 35 minutes du soir. Elle indique un mouvement intérieur marqué de l'atmosphère, et une circulation autour du centre de basse pression. Dans quelques stations, les vents furent extraordinairement violents. Le tableau suivant fait connaître la direction et la force du vent au moment où sa vitesse était la plus grande.

STATIONS.	DIRECTION.	VITESSE.	STATIONS.	DIRECTION.	VITESSE.
Fort-Sully...	NW	36 milles	Davenport...	SW	18 milles.
Duluth.....	NE	28 —	Leavenworth.	S	18 —
Chicago.....	S	23 —	Escanaba....	SE	16 —
Grand-Haven.	S	19 —	Omaha.....	S	16 —

La répartition des cas de faible pluie indiqués dans les deux grands tableaux, suivant les saisons, est donnée ci-après :

Printemps 14 ; Été 4 ; Automne 39 et 21 ; Hiver 23.

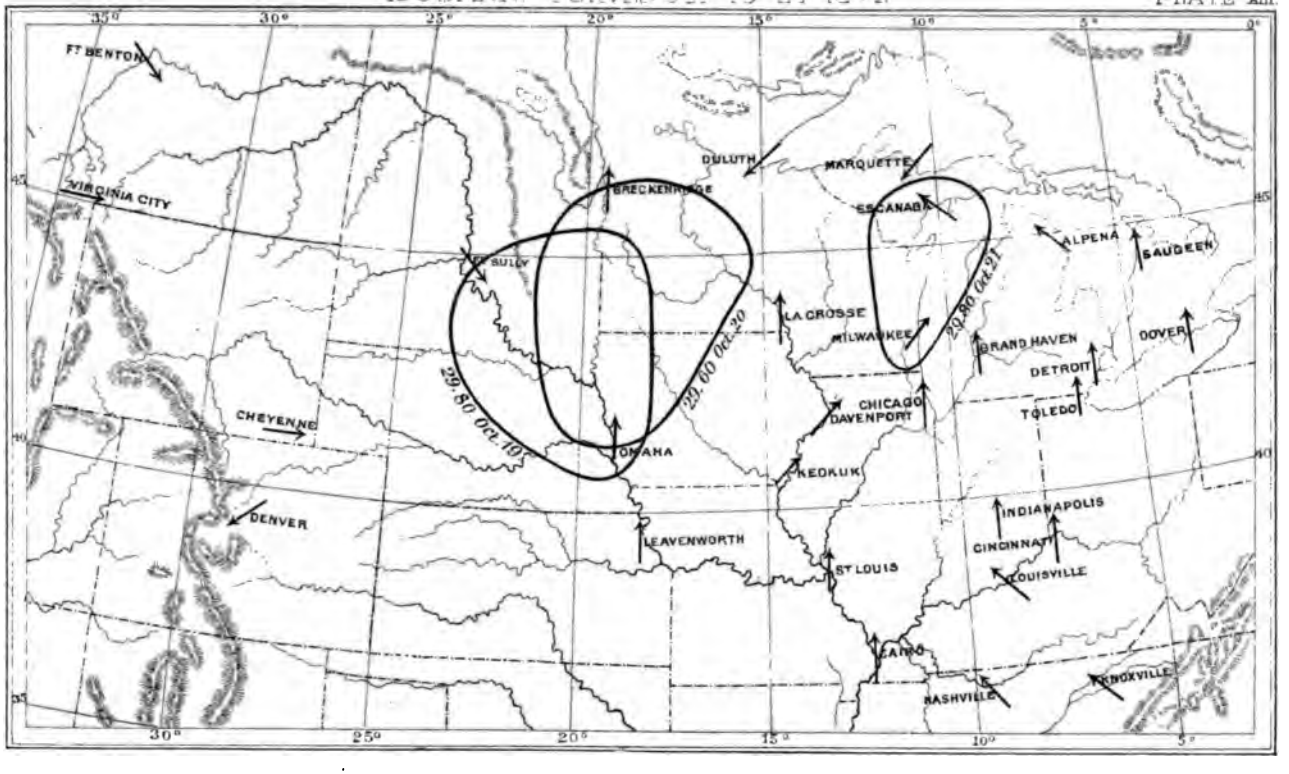
On voit que ces cas s'observent le plus fréquemment en automne, et en particulier dans le mois d'octobre. Ils sont généralement accompagnés d'un état brumeux ou fumeux de l'atmosphère, caractéristique du phénomène habituellement connu sous le nom d'*été indien,* (*Indian Summer*). Il paraît dû à une condition de tranquillité extraordinaire de l'atmosphère, s'étendant partout à travers le continent ; des circonstances semblables se produisent fréquemment durant chaque mois de l'année, de septembre à mars, mais elles sont le plus nombreuses en octobre.

CONCLUSIONS.

La discussion de tous les faits qui viennent d'être exposés, tant dans ce Mémoire que dans les six Mémoires antérieurs, paraît justifier les conclusions générales suivantes :

1° Les zones de basse pression résultent d'un mouvement géné-

ISOBARIC CURVES OCT 19-21 1872



ral de l'atmosphère vers une zone centrale. Ce mouvement est accompagné d'une déviation du vent de la ligne droite, qui produit une tendance à une circulation autour du centre avec un mouvement intérieur en spirale.

2° Cette déviation de la ligne droite qui résulte de la rotation de la terre produit une diminution de pression au sein de la zone de ce mouvement intérieur. La pression est encore ensuite diminuée par la force centrifuge, résultant de la circulation autour du centre.

3° La valeur de la dépression barométrique dépend de la force du vent ; quant à son étendue géographique, elle dépend de la quantité d'air entraînée. L'effet de la force centrifuge n'est pas considérable, excepté lorsque la vitesse du vent approche de celle d'un ouragan. Avec une vitesse de 100 milles à l'heure, la dépression due à la force centrifuge peut atteindre près de deux pouces ($50^{mm}8$) ; mais, durant les tempêtes d'hiver des latitudes moyennes, avec une vitesse qui ne dépasse pas 40 milles à l'heure, la dépression due à la force centrifuge excède rarement un ou deux dixièmes de pouce ($2^{mm}5$ ou $5^{mm}0$). Dans ces tempêtes, les trois quarts de la dépression barométrique observée sont généralement l'effet de la rotation de la terre ; mais, pour que la dépression, au centre même, puisse atteindre jusqu'à un pouce, il est généralement nécessaire que l'ensemble des vents qui circulent puisse couvrir une zone de près de 2000 milles de diamètre.

4° Dans l'Amérique septentrionale, au S du 35° parallèle, les zones de basse pression sont moins fréquentes, et accusent généralement une dépression moindre que dans le voisinage du 45° parallèle, en raison de l'exiguïté de la zone sur laquelle s'étend le mouvement cyclonique du vent. Ce qui explique cette exiguïté de la zone, c'est que, s'il peut se former une zone cyclonique de 1000 milles de rayon, dont le centre soit sur le 30° parallèle, sa périphérie doit s'étendre au S jusqu'à la latitude de 16° où les vents alizés sont constants et rarement interrompus. Une telle déviation des vents vers le N, lorsqu'elle peut se produire, n'est jamais de longue durée, de sorte qu'une large zone cyclonique ayant son centre sur le 30° parallèle est à peu près impossible ; en outre, il

est impossible qu'il se produise une grande dépression du baromètre à la latitude de 30°, excepté lorsque le vent atteint la vitesse d'un ouragan. Ceci semblerait être la raison pour laquelle, dans l'Amérique septentrionale, les centres des grandes tempêtes se trouvent généralement au N du 40° parallèle.

5° Les causes qui peuvent produire un mouvement général de l'atmosphère vers une zone centrale sont:

(A) L'inégalité de pression qu'accuse le baromètre ;

(B) L'inégalité de température ;

(C) L'inégale proportion de vapeur d'eau.

Parmi ces trois causes, l'effet de la première est généralement si prépondérant, que l'influence des deux autres ne peut être reconnue que par une observation attentive ; mais, si la pression atmosphérique est sensiblement uniforme sur une grande étendue de pays, l'influence des deux autres causes devient parfois très-appréciable ; elle se manifeste généralement par une légère déviation du vent de la direction qu'il aurait, s'il était uniquement soumis à la première cause. J'ai relevé un nombre considérable d'observations à l'appui de l'influence de la température sur la direction des vents ; je me propose de les publier dans la suite.

6° Un mouvement cyclonique d'une grande masse d'air est, généralement, accompagné d'un mouvement ascensionnel dans certaines localités, surtout à l'E du centre de basse pression, et ce mouvement ascensionnel se transforme en chute de pluie. La pluie n'est donc pas généralement la cause première de la dépression barométrique, mais plutôt un incident du mouvement cycloïdal de l'atmosphère. La chute du baromètre durant une tempête de pluie ne peut être attribuée à la simple condensation de la vapeur de l'atmosphère, comme on l'a parfois supposé, du moment qu'une pluie d'un ou de deux pouces, s'étendant sur une zone de 300 milles de diamètre, près du 30° parallèle, produit à peine un effet appréciable sur le baromètre. Voir, à ce sujet, les tableaux précédents.

7° La marche des zones de basse pression, à toutes les latitudes, est déterminée principalement par les mêmes causes qui président au système général de circulation de l'atmosphère ; leur direction

normale est modifiée par une quelconque des causes qui peuvent changer la direction des vents.

8° La chaleur qui est abandonnée, dans la condensation d'une grande proportion de vapeur d'eau, peut exercer une influence sur les mouvements de l'air. Ainsi, tandis que la pluie est généralement regardée, non pas comme la cause originale, mais plutôt comme une des conséquences d'un mouvement cycloïdal étendu, si la zone de pluie occupe une grande surface de pays, elle peut exercer une influence marquée sur la mesure de la dépression barométrique et sur la vitesse avec laquelle marche la tempête, tantôt accélérant ce mouvement, tantôt le retardant, tantôt maintenant la tempête à peu près stationnaire durant deux ou trois jours. J'ai exposé dans mes précédents Mémoires, divers faits qui semblent autoriser ces conclusions; j'en ai depuis réuni d'autres qui rentrent dans la même question.

Il se pourrait que ces généralités ne présentassent aucun résultat scientifique original ou nouveau, mais quelques-unes d'entre elles sont discutées par des météorologistes qui ont prêté une grande attention à ces études.

Note. — En préparant les matériaux de ce Mémoire, j'ai été secondé par M. Edouard S. Cowles, Ph. D. *Graduate of Yale college of the class of* 1873.

HUITIÈME MÉMOIRE

Présenté à l'Académie nationale des sciences de New-York, le 24 octobre 1877.

(Extrait du *Journal Américain des Sciences et des Arts*. Vol. XV, janvier 1878.)

Résultats de la discussion des observations du Signal Service des États-Unis, ainsi que d'autres documents.

ORIGINE ET DÉVELOPPEMENT DES TEMPÊTES.

Afin de déterminer les circonstances dans lesquelles les tempêtes se forment, et acquièrent en dernier lieu toute leur intensité, j'ai choisi, dans les volumes d'observations publiés par le *Signal Service* (septembre 1872 à mai 1874), tous les cas dans lesquels le baromètre tomba à moins de 743,0 dans chaque station. J'ai constaté que le baromètre, à Mont-Washington, se tenait fréquemment beaucoup plus bas que dans des localités voisines, telles que Burlington et Portland, ce qui dénotait une certaine particularité dans cette station. C'est pourquoi je laissai de côté ces divers cas, les réservant pour une discussion spéciale.

Durant la totalité de la période en question, la hauteur moyenne du baromètre à Virginia-City, fut sensiblement inférieure, d'un tiers de pouce ($8^{mm},4$) à celle des stations voisines; c'est ce qui m'a fait écarter ces observations de ma liste. Il resta alors 148 cas dans lesquels le baromètre tomba au-dessous de 743,0 dans l'une ou l'autre des stations. Parfois, au même instant, le baromètre fut au-dessous de 743,0 dans un grand nombre de stations situées toutes dans la même zone de basse pression. Dans ce cas, je n'ai inscrit dans le tableau qu'une seule station, celle où le baromètre fut le plus bas. Ces 148 cas répondent à 44 tempêtes différentes et sont indiqués dans le tableau suivant, dont les colonnes renferment :

1° Le numéro d'ordre de la tempête ;

2° La date à laquelle le baromètre fut au-dessous de 743,0 ;

Baromètre inférieur à 743.0

Numéros d'ordre.	DATES.	Min. Bar.	STATIONS.	Pluie en mm.	ORIGINE. Date.	ORIGINE. Contrée	PLUIE totale en mm.	HAUTE PRESSION A L'EST. Pression	Direction	Distance	HAUTE PRESSION A L'OUEST. Pression	Direction	Distance
	1872	700						700			700		
	Nov. 7.2	39.6	Portland Me..	152.4	nov. 3	Wy	0	68.4	S 70° E	830	66.6	N 72° W	925
1	— 7.3	39.7	Quebec.....	61.7									
	— 8.1	38.3	Quebec.....	170.7									
	— 8.2	41.4	Quebec.....	6.4									
2	— 30.1	39.1	Quebec.....	57.4	nov. 28	n.Mi.	0	71 6	S 56 E	600	80.0	W	550
3	Déc. 24.1	40 4	Portland Or..	46.7	déc. 23	n.W.		79.8	E	1250			
4	— 27.1	40.9	Halifax.....	19.1	déc. 23	G.M.	0	70.9	E	680	79.8	N 12 W	1100
	1873												
	Janv. 2.2	42.4	Milwaukee ...	153.9	janv. 1	N.M.	0	72.7	N 80 E	1675	65.8	N 82 W	900
5.1	— 2.3	38.3	Milwaukee ...	142.2									
	— 3.1	38.9	Marquette....	205.2									
6	— 27.3	40.9	Halifax.....	18.8	janv. 25	Col.	0	71.1	E	1060	66.3	W	915
7	— 29.2	40.4	Fort Garry...	0	janv. 28	n.Mo.	0	78.3	S 54 E	920	66.6	W	600
8	Févr. 6.2	41.7	Fort Garry ...	64.5	févr. 5	n.Mo.	0	69.6	S 49 E	1600	72.4	S 20 W	1100
	— 8.1	40.4	Halifax.....	51.8	févr. 6	Ala.	35.3	69.4	N 62 E	650	74.2	N 79 W	2000
9	— 9.3	41.7	Halifax.....	5.0									
	— 21.1	41.4	Buffalo.....	192.0	févr. 20	N.M.	0.2	70.6	N 70 E	1100	76.9	N 62 W	1200
	— 21.2	37.6	New-London..	175.3									
	— 21.3	40.9	Portland Me..	29.7									
	— 22.1	42.2	Quebec.....	27.7									
10	— 22.2	40.1	Quebec.....	13.2									
	— 22.3	40.9	Quebec.....	18.3									
	— 23.1	41.1	Quebec.....	22.4									

	— 29.2	36.9	Oswego	264.1	mars 20	n.Mo	0	71.2	S 82 E	650	64.8	S 41 W	900
14	— 29.1	31.5	Burlington...	144.7									
	— 30.1	31.3	Portland Me..	70.1									
	— 30.2	41.7	Portland Me..	35.5									
15	Août 24.2	37.2	Halifax.....	28 4	août 23	A. O.	0				71.1	N 54 W	1000
	— 24.3	36.5	Halifax.....	18.3									
16	Sept. 25.3	41.1	Yankton.....	43.0	sept. 23	Dak.	0	64.8	S 83 E	435	64.5	Wj	1080
	— 26.2	41.7	Fort-Garry ...	130.0									
17	Oct. 6.2	39.1	Punta-Rassa..	162.6	oct. 5	Cub.	0.2				71.9	N 33 W	1600
	— 6.3	37.2	Punta-Rassa..	137.1									
18	— 17.2	42.2	Saint-Paul....	151.6	oct. 16	n.D.	0	69.9	S 70 E	680	72.4	W	1200
	— 17.3	37.2	Duluth	79.8									
19	— 27.2	42.2	Portland Me..	213.4	oct. 25	Col.		74.7	N 14 E	710	73.9	N 72 W	920
	Nov. 8.2	40.2	Eastport.....	129.5	nov. 4	n.W.	0	70.7	E	1200			
20	— 8.3	39.7	Halifax	55.9									
	— 9.1	35.4	Cap Rosier...	39.6									
21	— 13.1	36.5	Cap Rosier...	96.0	nov. 10	Neb.	0	68.0	N 73 E	440	71.7	W	850
	— 17.1	36.6	Wilmington ..	99.0	nov. 13	N.Mo.	0	70.9	S 31 E	1520	65.0	S 16 W	440
	— 17.2	32.0	Norfolk.....	182.9									
	— 17.3	32.0	Cap May	135.2									
22	— 18.1	27.8	New-London..	209.3									
	— 18 2	23.2	Eastport.....	231.4									
	— 18.3	27.6	Chatham	54.9									
	— 19.1	36.4	Cap Rosier...	50.3									
	— 24.3	39.0	Eastport.....	79.8	nov. 21	N.M.	0	71.9	S 82 E	1400	65.6	N 52 W	1090
	— 25.1	32.0	Halifax.....	109.7									
23	— 25.2	31.5	Sydney.....	70.9									
	— 25.3	31.2	Sydney.....	16.8									
	— 26.1	32.8	Sydney.....	19.8									
	— 26.2	41.2	Sydney.....	1.8									
24	Déc. 3 3	38.1	Escamba.....	329.0	nov. 30	Mon.	0	79.8	S 83 E	1650			
	— 4.1	34.1	Marquette	92.4									
25	— 14.1	40.2	Sydney.....	24.1	déc. 11	N.M.	0	71.4	S 82 E	1500	69.1	N 51 W	1090
	— 28.1	35.0	Portland Me..	64.0	déc. 24	n.W.	2.2	75.0	E	1075			
26	— 28.2	34.2	Eastport.....	109.2									
	— 28.3	36.5	Sydney.....	12.4									
27	— 31.2	42.2	Fort-Garry ...	0	déc. 29	n.W.	0	78.0	S 74 E	1400			
	1874												
	Janv. 2.2	39.0	Fort-Sully....	8.4	déc. 31	n.Mo	0	78.3	S 60 E	1750			
	— 2.3	40.5	Fort-Sully....	11.9									
28	— 3.1	37.9	Omaha	8.9									
	— 3.2	40.2	Marquette	33.4									

Baromètre inférieur à 743.0

Numéros d'ordre.	DATES	Min. bar.	STATIONS.	Pluie en mm.	ORIGINE.		PLUIE totale en mm.	HAUTE PRESSION A L'EST			HAUTE PRESSION A L'OUEST		
					Date.	Contrée		Pression	Direction	Distance	Pression	Direction	Distance
	1874	700						700			700		
29	Janv. 15.1	40.4	Chatham	29.6	janv. 13	Ark.	2.5	74.7	N 76 E	900	74.1	N 47 W	720
	— 15.3	42.2	Portland Or ..	10.9	janv. 14	P.O	0.2	86.4	E	1070			
	— 16.1	39.2	Portland Or ..	19.8									
30	— 16.2	38.0	Portland Or ..	10.4									
	— 16.3	40.2	Fort-Benton..	5.3									
	— 17.1	36.6	Fort-Garry ...	15.0									
	Févr. 4.1	37.4	Halifax.....	9.9									
31	— 4.2	37.4	Sydney.....	13.7	janv. 31	N.M.	0.7	78.3	N 55 E	950	67.1	N 82 W	900
	— 10.3	38.0	Halifax.....	16.8									
	— 11.1	31.2	Sydney.....	20.0	févr. 8	G.M.	1.0	75.7	N 20 E	1480	67.6	N 70 W	750
32	— 11.2	32.7	Sydney.....	11.1									
	— 11.3	39.9	Sydney.....	7.6									
	— 11.2	41.8	Fort-Sully....	8.6									
	— 11.3	41.0	Fort-Garry....	19.3	fév. 9	P.O.	0	75 7	S 81 E	1200			
33	— 12.1	40.4	Leavenworth .	6.8									
	— 12.2	38.7	Dubuque	24.3									
	— 12.3	39.9	Escanaba.....	55.8									
	— 16.3	39.0	Quebec.....	44.7									
34	— 17.1	38.4	Cap Rosier...	7.6	fév. 12	Or.	0	75.5	E	1060			
	— 17.2	39.6	Cap Rosier...	1.5									
35	Mars 1.2	42.4	Fort-Garry ...	0.5									
	— 1.3	37.9	Fort-Garry....	2.2	fév. 28	n.Mo.	0	71.6	S 72 E	1800	68.4	S 15 W	450
	— 6.2	42.4	Keokuk.....	112.8									
	— 6.3	40.7	Dubuque.....	107.7	mars 3	Mon.	0	69.6	N 70 E	730	67.3	S 18 W	890
	— 7.1	40.9	Milwaukee....	197.3									
	— 7.2	42.7	Alpena.....	100.6									
	— 8.2	43.2	Eastport.....	60.4									
	— 8.8	41.4	Quebec.....	42.2									
	— 9.1	42.7	Quebec.....	58.9									

	—	11.3	34.1	Sydney.... ..	7.9									
	—	12.1	33.3	Cap Rosier...	23.1									
	—	12.2	34.1	Cap Rosier..	3.6									
	—	12.3	32.6	Cap Rosier...	10.1									
	—	13.1	33.2	Cap Rosier...	14.2									
	—	13.2	36.6	Cap Rosier...	16.8									
	—	13.3	40.0	Cap Rosier...	2.2									
	—	16.2	40.0	Fort-Sully....	173.7	mars 13	Mon.	0.8	72.4	E	740			
	—	19.2	41.4	Quebec.....	44.7									
37	—	19.3	35.8	Father Point..	31.2									
	—	20.1	40.4	Sydney.....	5.3									
	—	20.2	42.7	Sydney.....	2.0									
38	Avril	12 2	40.9	Fort-Sully....	10.1	avril 11	Ut.	0	73.4	N 54 E	940			
	—	12.3	42.7	Fort-Sully....	8.1									
	—	26.1	39.9	Boston.....	161.5	avril 23	G.M.	1.7	66.3	N 15 E	1200	65.0	N 70 W	1500
39	—	26.2	42.4	Eastport.....	80.8									
	—	26.3	40.2	Halifax.....	48.8									
	—	27.1	40.2	Sydney.....	18.0									
	—	30.1	39.4	Father Point..	76.2	avril 26	Wy.	0	68.0	N 66 E	770	66.8	W	530
	—	30.2	35.8	Father Point..	42.6									
40	—	30.3	39.4	Quebec.....	13.7									
	Mai	1.1	37.9	Father Point..	11.7									
	—	1.2	42.2	Father Point..	22.4									
	Avril	30.2	39.9	Fort-Sully....	10.9	avril 29	Dak.	0	71.6	E	620			
	—	30.3	41.7	Fort-Sully....	0.2									
41	Mai	1.2	40.7	Fort-Sully....	2.0									
	—	1.3	42.4	Omaha.....	2.8									
	—	2.1	43.0	Omaha.....	39.6									
	—	2.2	40.9	Leavenworth .	66.5									
	—	8.2	37.9	Fort-Sully....	12.9	mai 7	Mon.	0	67.8	S 54 E	1370			
42	—	8.3	40.0	Fort-Sully....	1.0									
	—	9.1	40.9	Fort-Sully....	23.4									
	—	9.2	36.9	Fort-Sully....	51.8									
	—	9.3	40.4	Fort-Sully....	23.4									
	—	25.1	42.7	Alpena.....	179.8	mai 21	Dak.	0	67.1	S 80 E	440			
43	—	25.2	40.9	Ottawa.....	221.4									
	—	21.3	42.7	Ottawa.....	132.0									
	—	26.2	40.7	Fort-Sully....	1.5	mai 25	Mon.	0	67.1	S 36 E	550			
44	—	27.2	40.7	Fort-Sully....	79.8									
	—	27.3	42.7	Fort-Sully....	67.4									

3° Le minimum barométrique observé à cette heure;

4° Le nom de la station où l'on observa la hauteur barométrique donnée;

5° Le total de pluie recueillie, durant les huit heures précédentes, dans toutes les stations renfermées dans la zone de basse pression;

6° La date du commencement de la tempête, déterminée aussi exactement que possible au moyen des observations;

7° La localité où la tempête a pris naissance.

Afin de réduire la largeur de ce tableau, j'ai dû désigner les localités par des abréviations dont la légende se trouve plus loin.

8° Le total de pluie recueillie durant les huit heures précédant la date de la colonne 6, dans toutes les stations comprises dans un périmètre de 600 milles de diamètre, ayant pour centre la localité désignée dans la colonne 7.

Quant aux suivantes, la colonne 10 indique la direction d'une zone de haute pression à l'E de la localité où la tempête avait pris naissance; la colonne 11, la distance, exprimée en milles, de cette haute pression, et la colonne 9, la hauteur du baromètre en ce point.

Les colonnes 12, 13 et 14 renferment des indications analogues pour le côté W de la localité désignée dans la colonne 7.

J'avais encore préparé quelques colonnes additionnelles, mais je suis obligé de les omettre, afin de réduire les proportions de ce tableau à celles du format de cette publication.

Sur ces 44 tempêtes, 32 ont eu lieu durant les cinq mois de novembre à mars, et 2 seulement durant les quatre mois de juin à septembre.

La troisième colonne du tableau suivant indique le nombre de cas dans lesquels une tempête a pris naissance dans les diverses localités désignées dans la deuxième. La première indique les lettres qui ont servi à désigner, par abréviation, ces localités dans la colonne 7 du précédent tableau.

Ainsi, nous voyons que, sur les 44 tempêtes mentionnées tout à l'heure, deux seulement provenaient, selon toute apparence, de l'Océan Pacifique, au nord des limites des États-Unis; quatre autres venaient presque de la même région; une venait de l'Oré-

ABRÉV.	LOCALITÉS où la tempête a pris naissance	CAS.	ABRÉV.	LOCALITÉS où la tempête a pris naissance	CAS.
P. O.	Océan Pacifique, nord du territre de Washington	2	n.D.	Nord du Dakota.....	1
			Dak.	Dakota.....	4
n.W.	Nord du territoire de Washington.....	4	Neb.	Nebraska.....	1
			n.T.	Nord du Texas.....	1
Or.	Oregon	1	n.Mi.	Nord du Michigan...	1
Ut.	Utah.....	1	Ark.	Arkansas.....	1
n.Mo.	Nord du Montana....	7	G.M.	Golfe du Mexique ...	3
Mon.	Montana.....	5	Ala.	Alabama.....	1
Wy.	Wyoming.....	2	Cub.	Parages de Cuba	1
Col.	Colondo.....	2	A.O.	Atlantique ouest, parages du 37e parallèle. ...	1
N.M.	Nouveau Mexique ...	5			

gon, une de l'Utah; c'est-à-dire que huit tempêtes semblent originaires de la région W des Montagnes Rocheuses. Sur les 36 restantes, sept paraissaient provenir du N du Montana, cinq du Montana, deux du Wyoming, deux du Colorado et cinq du Nouveau Mexique; c'est-à-dire que 21 tempêtes semblaient avoir pris naissance très-près de la chaîne des Montagnes Rocheuses. Sept autres tempêtes paraissent originaires de la région W du 95e méridien de Greenwich, savoir : une du N du Dakota, quatre du Dakota, une du Nebraska et une du N du Texas; six autres semblent avoir pris naissance à l'O du 83e méridien de Greenwich, savoir : une du N du Michigan, une de l'Arkansas, une de l'Alabama et trois du golfe du Mexique. En outre, une tempête s'est formée près de Cuba et une dans l'Océan Atlantique, non loin du cap Henry. Ainsi, nous voyons que nos grandes tempêtes ne se sont pas exclusivement formées dans une localité particulière, mais que la moitié d'entre elles ont pris naissance très-près de la chaîne des Montagnes Rocheuses, et qu'un peu plus des deux tiers du nombre total sont originaires du nord du 36e parallèle.

La première phase du développement de chacune de ces tempêtes a consisté en une zone de quelques centaines de milles de diamètre, sur laquelle la hauteur du baromètre différait très-peu de 30 pouces (762mm) avec deux zones de haute pression, l'une à

l'Est, l'autre à l'Ouest, à une distance d'environ 1,000 milles. Dans les cas, assez rares, où l'on n'a pas observé de haute pression de chaque côté de l'origine, cela tenait à ce que le périmètre d'observations n'était pas suffisamment étendu. La valeur moyenne de la haute pression, à l'Est, était de 772.7, et la distance moyenne de 1,033 milles ; à l'Ouest, ces nombres étaient 769.9 et 977 milles. Si le périmètre d'observations s'était étendu suffisamment vers le Nord, il est probable que l'on aurait parfois trouvé trois zones de haute pression dans un rayon de 1,000 milles, à partir de la localité où la tempête avait pris naissance. Sur les *Cartes du temps* dressées par M. Hoffmeyer, on trouve fréquemment trois zones de haute pression, et, à l'occasion, quatre zones de haute pression autour de la zone de basse pression.

Ces zones de haute pression sont regardées comme une des causes, et généralement, comme la cause la plus importante de la tempête qui leur succède. Deux zones de cette nature déterminent une tendance de l'air à se diriger vers un point intermédiaire, et les courants, ainsi mis en mouvement, sont déviés de la ligne droite par la rotation de la terre, d'où résulte une diminution de la pression sur la zone centrale. Cette diminution de la pression produit un courant d'air plus rapide vers la région inférieure, qui se traduit par une baisse plus accentuée du baromètre. Comme l'air se répand de tous les côtés de cette zone de basse pression, la zone tend à prendre une forme ovale qui peut devenir sensiblement circulaire si le vent est très-violent, et alors la force centrifuge résultant de ce mouvement circulaire produit une nouvelle baisse du baromètre. Le vide partiel serait bientôt comblé et le mouvement intérieur de l'air cesserait bientôt, s'il n'y avait pas un mouvement supérieur qui assure une issue au courant qui s'échappe. L'air en mouvement dans la région supérieure, entraînant avec lui une grande quantité de vapeur d'eau, se refroidit, et la condensation de sa vapeur détermine de la pluie. La chaleur produite par cette condensation dilate l'air de nouveau et augmente la force du courant inférieur. La pluie est donc une des circonstances qui contribuent à augmenter la force d'une tempête, et elle se produit invariablement, lorsque les tempêtes ont atteint une violence con-

sidérable, comme on peut le voir par l'indication de la pluie, donnée dans la colonne 5 du tableau. Celui-ci démontre généralement qu'il tombait beaucoup de pluie, toutes les fois que la tempête était située de manière à permettre des observations dans sa région Est; mais lorsque le centre de la tempête passait à l'Est, loin de nos postes d'observation, la quantité de pluie observée diminuait rapidement. (Voyez, à ce sujet, les nos 1, 9, 10, 11, 23, 34, 36 et 37.)

J'ai démontré, dans mon septième Mémoire, qu'une zone de basse pression de grandeur considérable peut se former et persister pendant quelques jours avec une pluie très-faible; mais, dans ces circonstances, le baromètre n'est jamais tombé à moins de 760.7 ; et l'on doit noter que l'on a observé invariablement un peu de pluie, toutes les fois que le baromètre a baissé au-dessous de 746.8, et même, généralement, que l'on a constaté de la pluie toutes les fois que le baromètre a été à moins de 749.3. Je n'ai pas trouvé de tempête de grande violence qui ne fût accompagnée d'une abondante quantité de pluie. Cependant, la pluie n'est pas généralement la cause du premier mouvement du vent qui se traduit par une grande baisse barométrique. C'est ce que l'on voit dans la colonne 8 du tableau, qui montre que, sur une zone de 600 milles de diamètre à la ronde, autour de la localité où la tempête a pris naissance, il y a eu 31 cas dans lesquels on n'a pas observé de pluie durant les huit heures précédentes, et, dans un autre seulement, la quantité de pluie recueillie dans ce périmètre a dépassé 0 p. 1 (2mm 5). Il faut dire aussi que, dans le voisinage de ces localités, les stations sont en petit nombre, et qu'il a pu tomber de la pluie sur des points intermédiaires où il n'est pas fait d'observations. Mais on peut ajouter que, dans le quart du nombre total des cas, ce cercle de 600 milles de diamètre renferme au moins quatre ou cinq stations, de sorte que nous paraissons pleinement justifié en concluant que, généralement, le mouvement inférieur de l'air autour d'une zone centrale commence avant qu'il ne se produise une grande condensation de vapeur.

Dès qu'une zone de basse pression vient de se former, elle commence bientôt à changer de position. Ce mouvement paraît principalement déterminé par les mêmes causes que celles qui prési-

dent à la circulation générale de l'atmosphère. Sur les États-Unis, excepté sur la frontière de l'extrême Sud, le cours annuel moyen du vent est de l'Ouest vers l'Est, et ce mouvement est déterminé par des causes qui sont générales dans leur action, et qui ne peuvent éprouver de changement permanent sous l'influence de tempêtes locales. Lorsqu'une zone de basse pression s'est formée, le vent souffle à la fois dans la région E et dans la région W, pour rétablir l'équilibre troublé. La raréfaction partielle de l'air détermine sur le côté E une pression intérieure du vent, qui est contrebalancée par une pression égale du vent sur le côté W, et reconnaissant la même cause. Mais, il existe, sur le côté W, une pression additionnelle vers l'E, résultant de la cause qui détermine la circulation générale de l'atmosphère, et qui pourrait subsister même s'il n'y avait pas de perturbation locale. Cette pression n'est pas restreinte au centre de la tempête, mais affecte la masse entière de l'air qui est troublée par la tempête, et s'étend généralement beaucoup au-delà de ces limites et s'exerce sur tous les points, suivant des directions sensiblement parallèles. En outre, la perturbation de l'atmosphère par les tempêtes est principalement localisée dans la moitié inférieure de l'atmosphère, tandis que le mouvement régulier de la moitié supérieure est beaucoup moins modifié. La force de ce courant supérieur venant de l'Ouest, combinée avec celle de la moitié inférieure de l'atmosphère, s'exerçant sur la région W d'une zone de basse pression, tend à combler la dépression sur ce côté. Sur la région E de la tempête, c'est principalement la portion inférieure de l'atmosphère qui comprime vers l'intérieur, tandis que la portion supérieure s'éloigne encore de l'Ouest. Ainsi, tandis que sous l'influence de la rotation de la terre sur le courant atmosphérique, le baromètre baisse continuellement sur le côté E de la tempête, la pression se rétablit sur le côté W, c'est-à-dire que le centre de pression minima se déplace dans la direction du système général de circulation de l'atmosphère. Ce raisonnement ne s'applique pas seulement au mouvement vers l'Est, des tempêtes des latitudes moyennes ; il convient aussi au mouvement vers l'Ouest des tempêtes entre les tropiques.

Il existe une troisième circonstance, qui paraît avoir une influence importante sur le cours des tempêtes sous les latitudes moyennes. Le mouvement supérieur de l'air qui domine toujours dans une zone de basse pression, se produit principalement sur la région située à l'Est du centre de dépression, comme cela est démontré par la position des zones de pluie décrites dans mon septième Mémoire. Grâce à ce mouvement supérieur, l'air qui comprime le côté E du centre de dépression ne peut contribuer à rétablir l'équilibre de pression sur ce côté, tandis que le côté W du centre de la dépression est beaucoup moins soumis à ce mouvement supérieur. Ainsi, le centre de dépression se transporte vers l'Est, autrement dit, la tempête marche vers l'Est.

Les zones de haute pression, qui indiquent uniformément le commencement d'une tempête, accompagnent invariablement celle-ci durant son mouvement vers l'Est. Dans la marche des tempêtes indiquée sur le tableau, la valeur moyenne de la haute pression a été de 771.9 à l'Est, et de 770.1 à l'Ouest, et ces nombres sont presque identiques avec les valeurs trouvées pour le commencement des tempêtes, ce qui montre que, tant que le vent a soufflé pendant plusieurs jours, vers l'extérieur en partant de ces zones de haute pression, le chiffre de la haute pression n'a pas été diminué. De là, nous concluons que ces zones de haute pression doivent être constamment ranimées par l'air qui circule autour d'elles dans les régions supérieures de l'atmosphère, et que ce renfort provient évidemment des zones de basse pression. En d'autres termes, durant la marche des tempêtes, les vents de la surface se meuvent des zones de haute pression vers les zones de basse pression ; les vents supérieurs se meuvent des zones de basse pression vers les zones de haute pression.

A l'inspection de la colonne 4 du tableau, on reconnaît que ces cas de basse pression s'observent, le plus fréquemment, dans le voisinage de l'Océan Atlantique. C'est ce que l'on pourra constater sur le tableau suivant, dans lequel les stations sont réparties en trois classes ; la première, renfermant les stations près de la côte d'Atlantique ou du golfe du Saint-Laurent ; la deuxième, les sta-

tions entre les précédentes et le méridien de 92° de Greenwich ; la troisième, les stations à l'Ouest de ce 92° méridien.

PRÈS DU LITTORAL DE L'ATLANTIQUE			DU LITTORAL AU 92° MÉRIDIEN G.			A L'OUEST DU 92° MÉRIDIEN G.		
Stations.	Latitudes	Cas	Stations.	Latitudes	Cas	Stations.	Latitudes	Cas
Cap Rosier.....	48° 52'	11	Marquette	46° 33'	3	Fort-Garry....	49° 51'	8
Father Point...	48 31	6	Escanaba.....	45 46	2	Fort-Benton...	47 52	1
Chatham.....	47 3	2	Montreal	45 31	1	Duluth.....	56 48	1
Quebec.....	46 48	17	Ottawa.....	45 26	2	Portland Or...	45 30	4
Sydney	46 8	17	Alpena.....	45 5	2	Saint-Paul....	44 53	1
Eastport	44 55	9	Grand-Haven..	43 5	1	Fort-Sully....	44 39	17
Halifax	44 39	11	Milwaukee....	43 3	3	Yankton	42 45	1
Burlington.....	44 29	1	Buffalo.....	42 53	1	Omaha.....	41 16	3
Portland Me....	43 40	9	Dubuque	42 30	2	Leavenworth..	39 19	2
Boston	42 21	1	Oswego.....	42 28	1			
New-London ...	41 22	1	Keokuk.....	42 23	1			
Cap May	38 56	1						
Norfolk.....	36 51	1						
Wilmington ...	34 11	1						
Punta-Rassa ...	26 29	2						

Ainsi, nous voyons que les cas de basse pression s'observent, le plus fréquemment, dans les stations septentrionales, et qu'il ne s'en manifeste pas au Sud du 39^{me} parallèle, excepté sur le littoral de l'Atlantique. Ces cas de basse pression paraissent être assez uniformément répartis le long du littoral de l'Atlantique, à l'exception toutefois de Fort-Sully. Ce motif donne lieu de soupçonner que pour 1874, les lectures du baromètre en cette station sont trop faibles. Durant les six premiers mois de 1874, la hauteur moyenne du baromètre dans cette station a été inférieure, de plus d'un dixième de pouce ($2^{mm}5$) à celle des stations du voisinage, Duluth, Breckenridge et Yankton. Si nous appliquons cette correction aux observations recueillies à Fort-Sully, le nombre des cas où l'on a noté, dans cette station, une pression inférieure à 742.95 doit se réduire alors à quatre, ce qui s'accorde très-bien avec les résultats des autres stations à l'Ouest. Les observations n'ont pas commencé avant novembre 1873 au cap Rosier, à Father-Point et à Sydney, et avant octobre 1873 à Chatham. On reconnaît alors un brusque accroissement de violence dans les tempêtes à mesure qu'on approche du littoral de l'Atlantique, et on peut l'attribuer au nouvel

accroissement de la quantité de vapeur venant de l'Océan et du *Gulf-Stream*. Ainsi se trouve déterminée une augmentation de pluie tombée, c'est-à-dire une nouvelle expansion de l'air, puis une recrudescence du vent et une diminution de la pression.

Dans 9 des cas indiqués au premier tableau, la vitesse du vent a été marquée zéro, et, dans 31 cas, la vitesse du vent n'a pas excédé 5 milles à l'heure, ce qui montre que, près du centre d'une zone de basse pression, l'on observe une période de temps durant laquelle l'air est presque entièrement calme.

Dans 53 des cas indiqués dans ce tableau, on n'a pas mentionné de pluie durant les huit heures précédentes, sur la localité où la pression atteignit le minimum ; et dans 78 autres, la quantité de pluie recueillie fut inférieure à un dixième de pouce ($2^{mm}5$) ce qui démontre que la quantité principale de pluie ne s'observe pas au centre même de la zone de basse pression, mais très-loin à l'Est de ce centre.

Une zone de basse pression peut avoir un mouvement de translation rapide lorsqu'on n'y observe pas de pluie, ainsi qu'on peut le reconnaître sur divers exemples donnés dans mon septième Mémoire ; mais la pluie abondante qui accompagne généralement les grandes dépressions barométriques, tend à modifier profondément la marche du centre de la tempête. Comme cette pluie s'observe partout à l'Est du centre de dépression, la chaleur qui est mise en liberté dans la condensation de la vapeur d'eau, détermine un courant atmosphérique et une baisse continue du baromètre sur cette région. S'il se produisait une grande condensation de vapeur à l'Ouest du centre de moindre pression, elle pourrait être suivie sur ce point de courants ascendants, qui s'opposeraient à l'établissement de l'équilibre de pression, et le centre de la tempête pourrait être rendu stationnaire, ou même être dévié vers l'Ouest. Ceci semblerait pouvoir expliquer le phénomène des tempêtes stationnaires, dont celle qui est indiquée sous le n° 36 dans le tableau nous offre un exemple très-remarquable. Cette tempête marchait de Montana vers la Nouvelle-Écosse à raison de 24 milles à l'heure ; mais, du 9 au 10 mars, moment où elle se trouvait près de la Nouvelle-Écosse, sa translation n'excédait pas 3 milles à

l'heure. Du 10 au 11, elle fut au plus de 15 milles à l'heure, et du 11 au 14, le centre oscilla de côté et d'autre, et le cours moyen durant ces trois jours fut inférieur à 3 milles à l'heure. Cette période a été caractérisée par une forte quantité de neige tombée à l'Ouest du centre de basse pression, comme l'indique le tableau suivant:

Quantité d'eau tombée du 9 *au* 14 *mars* 1874.

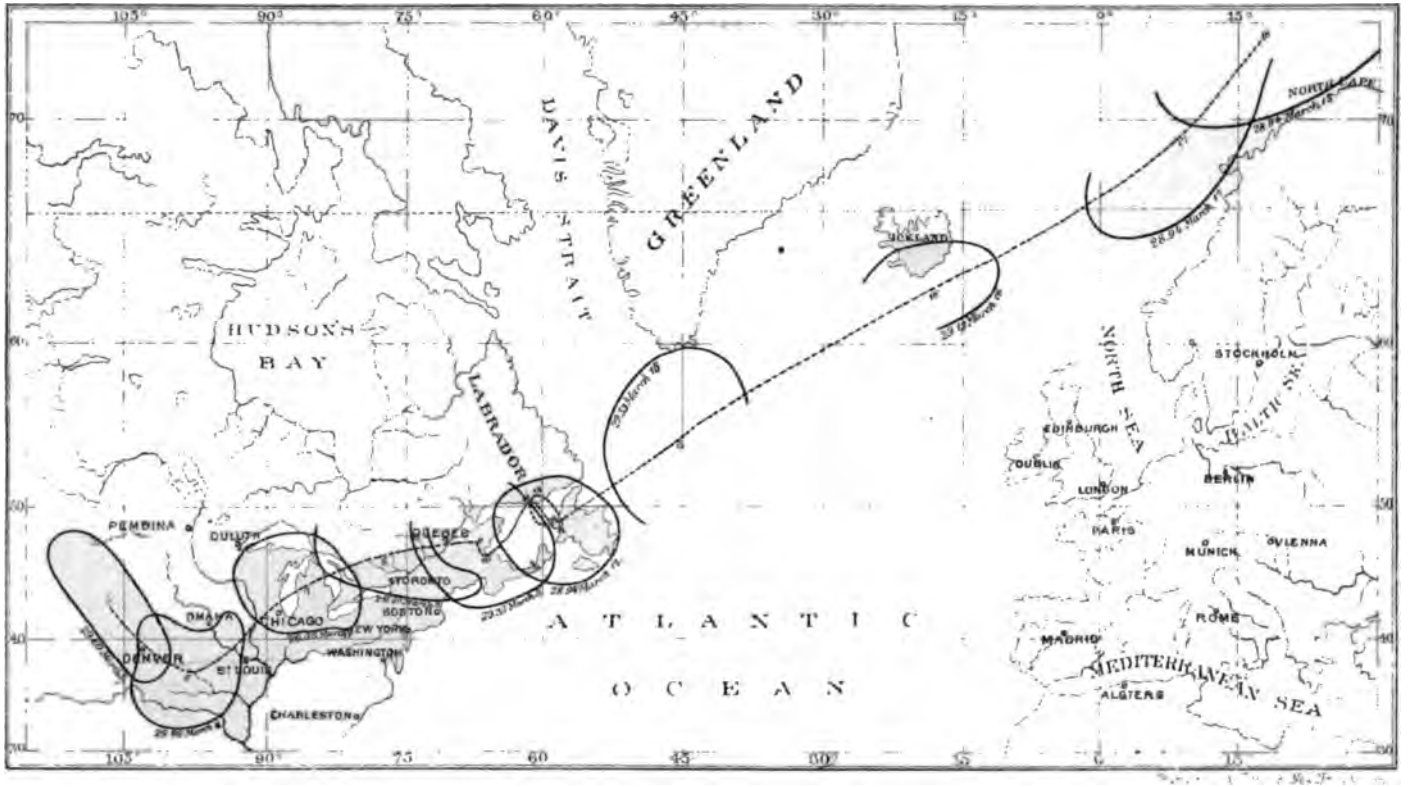
DATES.	ROCHESTER.	MONTRÉAL.	OTTAWA.	QUEBEC.	FATHER-POINT.	CAP ROSIER	CHATHAM.
9.1	3.3	10.2	5.0	5.0		14.4	
9.2	2.8	2.5	2.5		0.2	0.8	4.3
9.3	0.2			7.6	1.2	4.8	7.6
10.1	2.5	0.8	2.5	2.5	8.9	6.6	3.8
10.2	0.7	5.0	2.5	5.0	1.3	4.8	
10.3		5.0		5.0	0.5		
11.1	0.5	1.7	7.6	2.5			
11.2	0.2		2.5			2.5	
11.3						3.8	
12.1	5.6				8.4	1.3	
12.2	1.0						
12.3	0.5	0.2		5.0		2.5	
13.1	2.5	0.2				7.6	8.2
13.2	2.3					2.5	0.3
13.3	0.7						
14.1	1.0						
TOTAUX...	23.6	25.6	22.6	32.6	20.5	51.6	16.2

La date est indiquée dans la première colonne, et la précipitation, qui a consisté principalement en neige, est exprimée en millimètres d'eau.

Ainsi, nous voyons que durant ces cinq jours, la précipitation moyenne a été de plus d'un dixième de pouce (2^{mm}5) ce qui correspond environ à un pied (305^{mm}) de neige. En outre, cette neige couvrait une étendue de 1,000 milles à l'Ouest du centre de pression *minima*, et même on observa une abondante précipitation encore au-delà de ces limites. Cette remarquable condensation de vapeur, qui persista si longtemps, et s'étendit sur une zone aussi

STORM OF MARCH 5-16 1874.

PLATE XV.



grande à l'Ouest du centre de dépression, peut être considérée comme la cause du faible mouvement de progression de la tempête vers l'Est. Cette condensation extraordinaire, à l'Ouest de la tempête, est attribuable, en partie, au vent d'E qui régna à une altitude moyenne au-dessus de la surface du sol, tandis qu'un vent violent d'O ou de NW soufflait à la surfance même. Ce fait est démontré par le tableau ci-joint d'observations du vent et des nuages supérieurs à Portland, à Easport et à Halifax.

DATES.	STATIONS.	VENT.	NUAGES.
Mars 11.2	Eastport.....	NW	E
— 11.2	Halifax.....	NW	S
— 11.3	Halifax.....	W	S
— 12.1	Eastport.....	NW	E
— 12.1	Portland.....	W	NE

La pluie cessa le 14 mars à l'Ouest du centre de dépression, après quoi, le centre de la zone se transporta rapidement vers l'Est. Du 14 au 15, son mouvement moyen fut de 29 milles à l'heure ; du 15 au 16, de 47 milles à l'heure ; du 17 au 18, de 30 milles seulement, et du 18 au 19, de 8 milles seulement, alors que le centre était au large du cap Nord. La trajectoire de cette tempête, du Montana au cap Nord, est indiquée sur la carte I, et les courbes isobares montrent que la tempête augmenta brusquement de violence, lorsqu'elle s'approcha du littoral de l'Atlantique.

Le cas n° 10 du premier tableau nous offre un autre exemple de tempête sensiblement stationnaire. Du 22 au 24 février, le centre de cette tempête demeura pendant 48 heures près de Quebec, et ne se déplaça que très-légèrement durant les deux jours suivants, mais je n'ai pas les moyens de déterminer la position exacte du centre de dépression. Les observations suivantes démontrent qu'à ce moment on recueillit une quantité d'eau extraordinaire à l'Ouest du centre de dépression.

Pluie du 22 *au* 26 *février* 1873.

STATIONS.	22.1	22.2	22.3	23.1	23.3	25.1	25.3	26.1	TOTAUX.
Mt-Washington.	3.8		12.7	8.1			11.4	12.7	48.7
Quebec.....	10.2	12.7	5.0		7.6	0.2		15.5	51.2

Le n° 10 du premier tableau nous offre un autre exemple du même fait. Le centre de cette tempête demeura près de Father-Point, depuis la matinée du 30 avril, pendant deux jours, et il se trouva pendant quatre jours aux environs de Saint-Jean, en Terre-Neuve. On observa aussi, dans ce cas, une pluie extraordinaire à l'Ouest du centre de dépression, comme le montre le tableau suivant :

Pluie du 30 *avril au* 3 *mai* 1874.

STATIONS.	30.1	30.2	30.3	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	TOTAUX
Montreal..	1.5				20.3			0.2				22.0
Quebec....	12.7	10.2	12.7	7.6				2.5				45.7
Chatham...	5.3	0.5		3.9	1.5	0.5	7.8	3.0	1.5	1.0		24.1
Cap Rosier.	5.3	6.9	0.2			2.5	3.8	10.2	5.0	5.0		38.9
Sydney....	8.6	5.8								2.8	2.3	19.5

TEMPÊTE DU 30 DÉCEMBRE 1874 AU 18 JANVIER 1875.

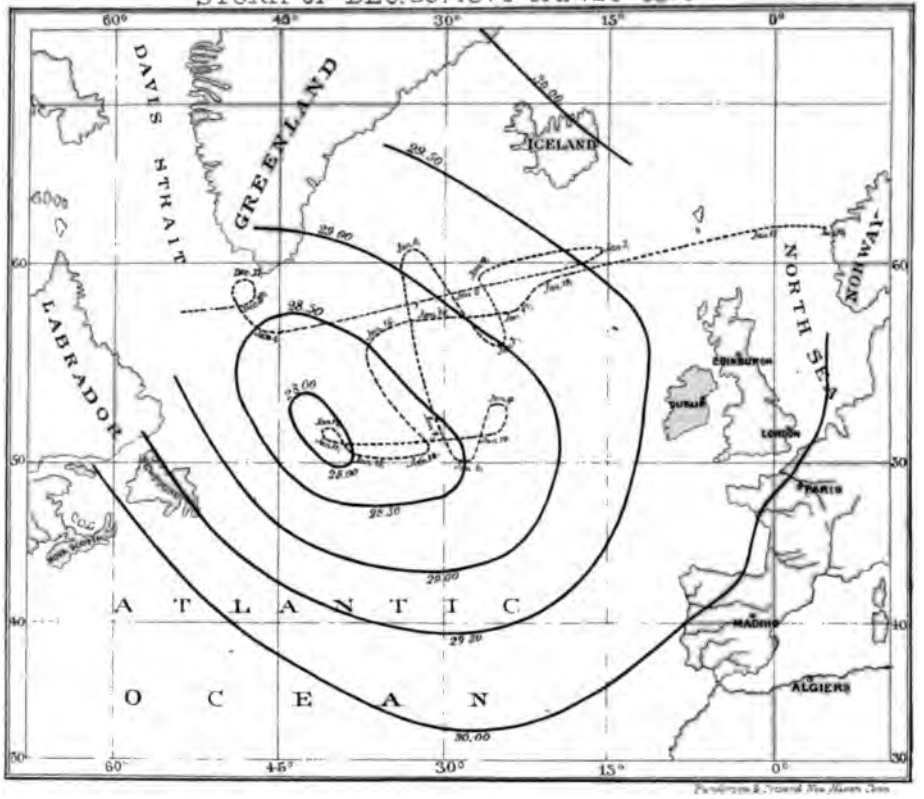
Un exemple encore plus remarquable de ce même fait a été observé sur l'Océan Atlantique durant l'hiver de 1874 à 1875. Une tempête d'une violence extraordinaire s'étendait sur toute la totalité de l'Atlantique, conservant son centre à peu près à la même place pendant plusieurs jours. Le 30 décembre 1874, il existait un centre de dépression (729.0) à peu de distance au S du Groenland, avec une zone de haute pression à l'Est (774.7) et une autre à l'Ouest (782.3). Le 31, le centre de dépression occupait sensiblement la même position (718.8) avec un centre de haute pression

à l'Est (779.8) et un autre à l'Ouest (782.3). Le 1er janvier 1875, la dépression était presque stationnaire (729.0) avec une haute pression à l'Est (774.7) et à l'Ouest (779.8). Le 2 janvier, la dépression avait avancé à 750 milles vers l'Est (734.1) avec une haute pression à l'Est (774.7); mais la haute pression d'Ouest avait à peu près disparu sous l'influence d'une dépression venant de l'Ouest. Le 3 janvier, la dépression avait avancé à 400 milles plus loin vers l'Est (729.0) avec une haute pression à l'Est (774.7) et une autre dépression à l'Ouest (734.1) suivie, du côté Ouest, par une haute pression (774.7). Le 4 janvier, les deux zones de basse pression s'étaient réunies en une seule (734.1), dont le centre s'était transporté, par suite, à 400 milles environ vers l'Ouest, avec une haute pression à l'Est (774.7) et une autre à l'Ouest (779.8). Il existait en même temps une dépression secondaire (754.4), plus loin, vers l'Est, que l'on pourrait considérer comme la continuation de la tempête du 30 décembre ; mais il paraît plus raisonnable de regarder la grande dépression du 4 janvier comme la suite de celle du 30 décembre. Le 5 janvier, le centre de basse pression s'était déplacé légèrement vers le S (734.1), avec deux hautes pressions tant à l'Est qu'à l'Ouest. Le 6, la dépression s'était transportée vers le NW (734.1) avec les hautes pressions à l'Est et à l'Ouest. Le 7 janvier, la basse pression s'était considérablement déplacée vers le S (723.9), avec les hautes pressions à l'Est et à l'Ouest. Le 8 janvier, la basse pression était sensiblement stationnaire (723.9) avec une haute pression à l'Est ; mais la haute pression d'Ouest était presque dédoublée, par l'interposition d'une nouvelle zone de basse pression qui avançait de l'Est. Le 9 janvier, la zone de dépression était presque stationnaire (729.0), avec une haute pression, bien réduite, à l'Est (769.6), et une haute pression égale à l'Ouest. Le 10 janvier, la dépression stationnait (729.0) avec une haute pression à l'Est (774.7), avec une petite dépression à l'Ouest (749,3) et une autre pression plus élevée à l'Ouest (774.2). Le 11 janvier, les deux zones de dépression se confondaient, et par suite de cette circonstance, le centre de la dépression résultante était à 650 milles plus loin à l'Ouest (723.9), avec une haute pression à l'Est (779.8) et une autre à l'Ouest (772.2). A ce moment,

il existait une dépression secondaire (744.2) à 2,000 milles environ dans la direction NE, qui paraissait avoir été détachée d'une dépression plus étendue, depuis le 10 janvier au matin, et qu'on pourrait sans doute considérer comme la continuation de la grande tempête des douze jours précédents ; mais il semble plus judicieux de regarder cette plus grande dépression comme la suite de celle du 30 décembre. Le 12 janvier, la dépression était stationnaire (708.7), avec une haute pression à l'Est (779.8) et une autre à l'Ouest (774.7). Le baromètre avait atteint à ce moment son point le plus bas, et la zone de basse pression (c'est-à-dire de pression inférieure à 30 pouces ou 762^{mm}) couvrait entièrement l'Océan Atlantique, embrassant à l'Ouest la totalité de l'île de Terre-Neuve, et à l'Est, toute la Grande-Bretagne, s'étendant au S jusqu'au 32e parallèle et, au N, au-delà du 70e. La planche II représente les isobares pour le 12 janvier, ainsi que la trajectoire du centre de la tempête, depuis le 30 décembre 1874 jusqu'au 18 janvier 1875. Le 13 janvier, le centre était sensiblement stationnaire ; le 14, il s'était transporté un peu vers l'E ; le 15, un peu vers le N, et, durant les trois jours suivants, un peu vers l'E ; de sorte que, le 18 janvier, le centre de la tempête était à 900 milles seulement de la position qu'il occupait le 30 décembre, et à 200 milles à l'Ouest de celle où il se trouvait le 3 janvier. Le mouvement principal du centre de la tempête vers l'Ouest semble résulter de l'influence d'une autre dépression avançant de l'Ouest et se réunissant à la première. C'est ce que l'on peut remarquer le 4 janvier, puis le 11 et enfin le 15.

Cette période entière de vingt jours a été caractérisée par des ouragans très-violents à l'Ouest du centre de dépression, suivis d'une condensation abondante et générale, qui, sur la région W, consista principalement en neige et en grésil, avec un froid très-intense. Le thermomètre demeura presque tout ce temps dans le voisinage de 0° F (— 17°) près du littoral de l'Amérique, et à plus de 20° au-dessous de 0° F (— 28° 9) dans les stations peu éloignées de la côte. Il est à présumer que cette condensation a eu lieu principalement sur l'Océan, où il est impossible de la mesurer. Le tableau suivant indique la pluie recueillie à Terre-Neuve,

STORM OF DEC. 30. 1874 - JAN. 20 1875. PLATE XV.



dans le Nouveau-Brunswick et dans le voisinage, ainsi que la basse température observée chaque jour dans deux stations, une du Nouveau-Brunswick et l'autre du Manitoba.

Dates.	PLUIE DU 1er AU 18 JANVIER 1875.						TEMPÉRATURE MINIMA.		
	St-John	Sydney	Charlottetown	Fredericktown	Chatham	Quebec	Fredericktown.	Chatham.	Winnipeg.
1		1.0					— 18.5	— 18.0	— 27.0
2		4.1	8.9	12.2	19.1	10.2	— 19.6	— 19.4	— 33.1
3	25.4	12.4	8.9	19.1	6.4		— 14.1	— 18.3	— 32.4
4		0.3					— 23.1	— 21.4	— 30 5
5	2.5	1.5	0.3				— 19.7	— 23.3	— 34.5
6							— 24.7	— 24.0	— 34.1
7		0.8	2.5		1.5	3.0	— 21.3	— 24.0	— 31.3
8	30.5	39.3	40.6	23.6	36.8	10.2	— 21.3	— 20.9	— 43.0
9		2.5	3.8		7.1	25.4	— 25.1	— 26.3	— 39.5
10	25.4	7.9	3.8	3.8	28.4		— 18.7	— 20.3	— 36.5
11	2.5					0.2	— 29.2	— 26.8	— 37.8
12	0.5						— 33.7	— 27.2	— 37.9
13				15.2	0.2	17.7	— 26.5	— 25.7	— 38.0
14	6.4	9.1	14.0	0.5	16.3	7.6	— 16.9	— 17.8	— 37.0
15							— 21.9	— 22.6	— 34.3
16	10.1						— 19.6	— 17.0	— 35.1
17	7.6		2.3		2.3		— 18.7	— 18.6	— 36.8
18							— 20.7	— 21.3	— 37.0
	110.9	78.9	85.1	74.4	118.1	74.3			

Durant le mois de janvier, la hauteur moyenne du baromètre est de 764.50 environ sur l'Océan Atlantique, près du 30e parallèle. Dans l'intervalle de vingt jours que nous venons de considérer, il n'y en a que quatre dans lesquels la pression est tombée à moins de 769.6 dans cette région. Durant ces vingt jours, il a existé constamment une zone de haute pression à l'Est, oscillant entre 769.6 et 779.8 et située généralement à une distance de 1,500 à 2,000 milles. Pendant cinq jours, le centre de plus haute pression était à une distance d'au moins 3,000 milles; mais il existait toujours une pression de 769.6 au moins à une distance de 2,000 milles environ. A l'Ouest, il existait toujours une zone de haute pression oscillant entre 772.2 et 782.3, et généralement à une distance de 1,500 milles environ; mais, pendant cinq jours, sa distance fut de 3,000 milles. Nous n'avons pu connaître l'étendue de la zone de haute pression située au Nord, mais nous savons que, durant cette

période, le froid y fut très-intense. Durant la totalité de cette période, elle détermina la production de courants, venant, dans quatre directions différentes, vers le centre de cette tempête, et la force fut suffisante pour mettre l'air en mouvement sur une zone immense. Il devait en résulter les phénomènes ordinaires qui accompagnent les zones de basse pression, c'est-à-dire des vents impétueux, une baisse du baromètre et une condensation de vapeur. Dans le cas actuel, ces phénomènes se produisirent avec une intensité inaccoutumée, par le fait que le centre de basse pression était justement sur le *Gulf-Stream*, où la température de l'eau, en janvier, est de 15°6 de sorte que le courant d'air qui venait du Nord et de l'Ouest sur cette région était excessivement froid. Il paraît probable que ce vent froid de NW soufflait au-dessous du vent chaud de SE, comme on l'a observé dans la tempête du 11 mars 1874, et qu'il faut lui attribuer la pluie extraordinaire qui tomba à l'Ouest du centre de la tempête. Cette pluie générale et étendue à l'Ouest du centre de basse pression doit avoir été la principale cause du ralentissement du mouvement de la tempête vers l'Est.

VENTS VIOLENTS.

Afin de déterminer les lois qui régissent la vitesse du vent, j'ai choisi, dans les volumes d'observations du *Signal Service*, publiés de septembre 1872 à mai 1874, tous les cas dans lesquels la vitesse du vent a atteint 40 milles à l'heure. Leur nombre est de 250, à l'exclusion des observations de Mont Washington et de Pike's Peak, où ces grandes vitesses sont très-fréquentes. Sur ces 250 cas, 82 se rapportent à 7 heures 35 minutes du matin, 91 à 4 heures 35 minutes du soir, et 77 à 11 heures du soir. Ces résultats indiquent une légère influence de l'inégalité régulière diurne dans la force des vents; mais l'inégalité dépendant de l'heure du jour n'est que le cinquième de ce qu'on trouve pour la moyenne des observations quotidiennes durant toute l'année, preuve que les causes qui déterminent la force des vents durant le jour n'ont qu'une faible influence sur l'intensité des vents les plus violents.

Le tableau suivant indique le nombre moyen d'observations de vents violents pour chaque mois de l'année.

MOIS.	CAS.	MOIS.	CAS.	MOIS.	CAS.
Janvier	22	Mai	5	Septembre. . .	3
Février	12	Juin.	1	Octobre. . . .	6
Mars	21	Juillet.	3	Novembre. . .	23
Avril	20	Août.	2	Décembre. . .	9

Ainsi nous voyons que, durant les six mois de novembre à avril, les vents violents sont plus de cinq fois plus fréquents que durant les six autres mois de l'année. Mais la force moyenne des vents journaliers, pour la première période est seulement supérieure d'un quart à celle de la seconde ; ce qui démontre, comme on l'a vu déjà précédemment, que les causes qui déterminent la force des vents journaliers n'ont qu'une très-faible influence sur la force même des vents plus violents.

Le tableau suivant indique le nombre de cas dans lesquels le vent a soufflé de chacun des huit principaux points du compas, au moment de sa plus grande vitesse.

Nord.	43	Sud.	6
Nord-Est.	48	Sud-Ouest.	33
Est.	23	Ouest.	26
Sud-Est.	19	Nord-Ouest.	52

Ainsi, nous voyons que les vents violents proviennent du quadran nord 2,5 fois plus fréquemment que du quadran Sud, et que, rarement, ils soufflent directement du Sud.

Le tableau suivant indique toutes les stations dans lesquelles on a observé ces vents violents plus de deux fois, ainsi que le nombre de cas pour chacun des huit principaux points du compas.

STATIONS.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAUX
Quebec.....		33	9			9	4	1	56
Breckenridge	4			9				15	28
Indianola....	22	1							23
Fort-Sully...	6		5	1			1	5	18
Yankton.....	2	1	2			1	1	8	15
Cap Rosier..		3	1	2		4		1	11
Father-Point.		1	2				3	4	10
Fort-Benton..						5	1	1	7
Eastport.....		5	2						7
Escanaba....				3	2	1			6
Pembina....								5	5
Grand-Haven.							4		4
Cheyenne....							2	1	3
Milwaukee...						1	1	1	3
Keokuk.....				1		1	1		3
Omaha.....	1				2				3
Knoxville....	1					2			3
Fort-Gibson..						1		2	3
Galveston....	2							1	3
Key-West...	1				1				3

Les observations faites au cap Rosier et à Father-Point embrassent une période de sept mois seulement.

La comparaison de toutes ces observations indique une fréquence plus marquée des grandes vitesses dans les stations les plus septentrionales.

Afin de déterminer combien la force du vent augmente généralement avec l'accroissement de la latitude, j'ai évalué la vitesse moyenne du vent dans toutes les stations du *Signal Service*, et classé les observations suivant la latitude des stations. Le tableau que voici indique les résultats pour toutes les stations au nord du 30° parallèle, à l'exception de Mont Washington et de Pike's Peak.

LATITUDES.	NOMBRES de stations.	VITESSE MOYENNE en milles à l'heure.
30°—34°	15	7.07
35°—39°	26	8.57.
40°—44°	36	9.16
45°—49°	10	8.28

Ces observations démontrent que, dans le N de l'Amérique, la force moyenne du vent s'accroît avec la latitude, depuis le 30e parallèle jusqu'au 45e. Au-delà du 45e degré, il y a une diminution apparente dans la force du vent, mais ce résultat peut être dû à cette circonstance que, passé cette ligne, toutes les stations se trouvent sur le continent, où la force du vent est généralement moindre que sur la côte de l'Atlantique. La force moyenne du vent est habituellement *maxima* dans les stations du littoral de l'Atlantique, du golfe du Mexique et des grands lacs, principalement des lacs Érié et Michigan. La force est *minima* dans les stations de l'intérieur, éloignées des grandes surfaces de mer et d'eau, résultat qu'il faut naturellement attribuer à la résistance que les inégalités de la surface terrestre opposent au mouvement de l'air. Il y a cependant une importante exception à cette règle, entre le méridien de 94e et les Montagnes Rocheuses, où la force moyenne du vent est plus grande qu'elle ne l'est dans les stations de l'intérieur, à l'Est de ce méridien. Entre le méridien de 94e et les Montagnes Rocheuses, la vitesse moyenne du vent est de 10,2 milles à l'heure, tandis que entre les méridiens de 82e et de 94e, la vitesse moyenne n'est que de 7,5 milles, et que, dans les stations situées précisément sur le cours du Mississippi, la vitesse moyenne n'est que de 7,4 milles. Cette différence est due en partie à cette circonstance que, au-delà du méridien de 94e, l'aspect de la contrée se rapproche de celui d'une plaine presque entièrement dépourvue de forêts, et qui, par suite, n'oppose qu'une très-faible résistance au mouvement des vents. Mais il y a une autre circonstance qui contribue au même résultat. La quantité annuelle de pluie est très-petite sur la région étendue qui se trouve à l'Est des Montagnes Rocheuses. Les vents de cette région sont donc des courants secs, tandis que, dans la vallée du Mississippi, l'air contient de la vapeur en abondance. La différence de poids spécifique de l'air sur ces deux régions, suffit pour accélérer considérablement les vents d'Ouest et de Nord-Ouest qui soufflent sur les prairies arides situées à l'Ouest du cours du Mississippi.

Les mêmes causes qui affectent la vitesse moyenne des vents influent aussi sur la fréquence de la production des vents les plus

violents. La région où ces vents violents s'observent le plus fréquemment, est voisine du golfe du Saint-Laurent. Nous avons déjà spécifié que les observations du cap Rosier et de Father-Point embrassent une période de sept mois seulement, et qu'il faudrait donc les multiplier par trois afin de les rendre comparables avec celles des autres stations. Une cause importante de la grande violence des vents dans cette région, c'est l'amplitude considérable des variations barométriques, et le contraste inaccoutumé qui existe entre les vents chauds et humides venant du S, et les vents froids et secs venant du N.

RÉGIME DES VENTS VIOLENTS A INDIANOLA.

Au-delà du méridien de 94°, où la force moyenne du vent est *maxima*, les vents violents s'observent aussi très-fréquemment, et ces vents violents proviennent du N quatre fois plus fréquemment que du S. Dans l'intérieur de cette région, les vents du N prédominent d'une manière continue depuis l'Amérique anglaise jusqu'au golfe du Mexique.

Un exemple de ce fait nous est donné, à la date du 7 avril 1873, lorsque le vent atteignit 54 milles à l'heure à Indianola, ainsi que le 18 novembre 1873, où il atteignit 50 milles à l'heure au même point. Dans ce cas, ainsi que dans plusieurs semblables, il existait en Dakota une zone de haute pression, déterminant des vents du N dans toutes les localités situées au S de ce centre, depuis le Dakota jusqu'au golfe du Mexique. La fréquence des vents violents, dans cette région, doit être attribuée à deux causes : l'absence générale de forêts dans la contrée et l'extraordinaire sécheresse de l'air.

La fréquence des vents violents à Indianola est particulièrement remarquable. Afin de découvrir la cause de ce phénomène, j'ai préparé le tableau suivant, dont les diverses colonnes indiquent :

1° Les dates auxquelles les vents atteignirent la vitesse de 50 milles à l'heure ;

2° La vitesse observée ;

3° La direction du vent ;

4° La hauteur du baromètre ;

5° La quantité de pluie recueillie durant les huit heures précédentes ;

6° La température moyenne de l'eau du golfe du Mexique durant le même mois, déduite des *Cartes de température* de Maury ;

8° La différence entre la température d'Indianola et la température de l'eau du golfe ;

9° La hauteur du baromètre dans quelque station au Nord d'Indianola ;

10° La direction de cette station ;

11° La distance à Indianola, exprimée en milles.

Vents violents à Indianola.

DATES.	VENT		Pression	PLUIE	TEMPÉRATURES			BAROMÈTRE AU NORD		
	Vitesse	Direct.			Indianola.	Golfe.	Différ.	Pression	Direction.	Distance
				mm						
1872										
oct. 7.1	43	N	761.7	8.2	21.1	27.8	— 6.7	767.8	N45°W	1200
nov. 6.2	40	N	754.6	4.0	13.9	25.6	— 11.7	765.8	N 43 E	750
— 7.1	41	N	757.7	0.5	11.7	25.6	— 13.9	769.9	N 45 W	1200
— 14.1	46	N	763.5	0	5.0	25.6	— 20.6	784.1	N 31 W	1500
— 14.2	48	N	765.6	0	9.4	25.6	— 16 2	784.2	N 31 W	1500
déc. 10.1	40	N	758.4	54.4	8.3	23.3	— 15.0	778.5	N 32 E	690
1873										
janv. 28.1	43	N	767.1	1.3	— 1.1	23.3	— 24.4	782.8	N 7 E	750
— 28.2	46	N	770.4	0	— 5.0	23.3	— 28.3	780.8	N 7 E	750
— 28.3	42	N	772.7	0	— 6.7	23.3	— 30.0	780.3	N 7 E	750
fév. 22.3	48	N	766.3	0	12.2	23.3	— 11.1	772.8	N 10 W	1100
mars 2.1	41	N	468.1	0	10.0	23.9	— 13.9	785.6	N 10 W	1100
— 25.1	52	N	759.7	0	13.9	23.9	— 10.0	781.2	N 10 W	1100
— 25.3	44	N	770.1	0	8.9	23.9	— 15.0	773.1	N	1200
avril 7.3	54	N	760.2	0	8.9	27.2	— 18.3	772.7	N 10 W	1100
— 15.1	41	N	766.8	0	13.3	27.2	— 13.9	774.9	N 31 W	1500
nov. 18.1	50	N	760.7	0	14.4	25.6	— 11.2	772.7	N 10 E	1100
déc. 3.3	48	NE	766.0	0	13.9	23.3	— 9.4	768.6	N 31 W	300
— 12.3	40	N	767.6	0	13.9	23.3	— 9.4	773.7	N 45 W	1200
1874										
janv. 4.1	48	N	765.0	3.8	9.4	23.3	— 13.9	774.7	N 4 W	970
— 4.2	40	N	768.4	0	6.7	23.3	— 16.6	773.9	N 10 E	500
avril 1.1	44	N	766.3	0	6.1	27.2	— 11.1	769.9	N 10 E	500
— 8.1	42	N	754.4	2.0	12.8	27.2	— 14.4	773.7	N	1400
— 17.1	40	N	762.3	0	14.4	27.2	— 12.8	771.7	N 32 E	1300

Ainsi, nous voyons que, chaque fois, il exista dans la région N une zone de haute pression, et que cette pression fut généralement suffisante pour pousser le vent du côté d'Indianola avec

une force considérable. Nous voyons aussi que, dans chaque cas, la température de l'air à Indianola était inférieure à celle de l'eau dans la région S, et généralement beaucoup plus basse que cette dernière, et, en outre, que l'air situé dans la région du golfe renfermait de la vapeur en abondance. Cette cause aurait suffi à elle seule pour produire une brise fraîche venant du N à Indianola.

Le motif pour lequel les vents violents sont plus fréquents, à Indianola, que dans les stations plus à l'E du Mexique, doit être attribué à la grande sécheresse de l'air près des Montagnes Rocheuses. La quantité de pluie annuelle décroît du fleuve du Mississippi, jusqu'aux Montagnes Rocheuses, et les vents doivent être plus secs, près des montagnes, que près du fleuve du Mississippi. Nous trouvons un accroissement correspondant pour la vitesse moyenne des vents à mesure qu'on avance vers l'O à partir de Mobile. La vitesse moyenne du vent est de 6,0 milles à l'heure à Mobile ; de 7,3 milles à la Nouvelle-Orléans ; de 9,3 milles à Galveston, et de 13,7 milles à Indianola.

Dans plusieurs de nos stations, une des plus remarquables particularités de ces vents violents, est la grande prédominance de vents d'une direction déterminée ; par exemple, à Quebec, les vents soufflent surtout du NE; à Breckenridge, surtout du NW; à Indianola, du N; à Yankton, du NW, etc., ce qui paraît dénoter que la direction du vent est quelque peu modifiée par la configuration de la surface de la contrée environnante.

Une grande vitesse du vent n'est pas invariablement associée à une basse pression. Dans 57 cas sur 250, le baromètre a été au-dessus de 762.0; dans 60, il a été au-dessus de 768.4, et trois fois il a dépassé 774.7. Ces trois observations sont indiquées dans le tableau suivant :

Numéros d'ordre.	DATES.	STATIONS.	PRESSION	VENT.		TEMPÉRATURE.
				Direct.	Force.	
1	1873. janv. 27.2	Breckenridge...	781.1	N	40	— 27.2
2	1873. janv. 15.2	Quebec.....	776.0	NE	41	— 3.9
3	1872. déc. 22.3	Breckenridge...	774.7	NW	40	— 30.6

Dans chacun de ces cas, il existait une zone de basse pression entre les limites des États-Unis, ainsi qu'une zone de haute pression ; mais dans le premier et le troisième, la pression observée à Breckenridge dépassa toutes celles qu'on avait notées, dans toute autre localité, à la même heure. Néanmoins, la première fois, le baromètre s'éleva de $5^{mm}1$ à Breckenridge, et la troisième, il s'éleva de $4^{mm}3$ avant l'observation suivante, ce qui paraît dénoter qu'à la première observation, le centre de haute pression se trouvait au NW de Breckenridge. Dans le premier cas, il existait une différence de température de 46° entre Breckenridge et la Floride, et, dans le second, elle était de 49°. Cette circonstance contribuait puissamment sans doute à produire la force motrice, qui donnait au vent une si grande rapidité. Les n^os^ 1 et 3 sont de remarquables exemples de la force avec laquelle un courant froid passe fréquemment sur le Montana et sur le Dakota, produisant à la fois une température extrêmement basse et une pression très-élevée. Au n° 2, le baromètre marquait 785.1 à Halifax, et la différence de température entre Quebec et la Floride atteignait 38°3.

GRADIENT BAROMÉTRIQUE.

J'ai déterminé le gradient barométrique pour chacune des 250 observations de grande vitesse du vent, et la discussion des résultats m'a montré que le gradient s'accroît avec la latitude de la station.

Afin d'obtenir la loi de cet accroissement, j'ai divisé les observations en quatre classes renfermant : 1° les stations au Sud du 35° parallèle ; 2° les stations situées entre les 35° et 40° parallèles ; 3° les stations situées entre les 40° et 45° parallèles ; 4° les stations au Nord du 45° parallèle.

Le tableau suivant indique les moyennes obtenues : on trouve, dans la première colonne, la latitude moyenne des stations de chaque classe, et, dans la seconde, la distance moyenne, en milles, entre les courbes isobares correspondant à une différence de pression d'un dixième de pouce (2^{mm} 54).

Latitude moyenne.	Distance en milles.
29° 3	98
37° 5	66
42° 7	62
47° 7	50

L'on voit aisément que le gradient croît plus vite que le sinus de la latitude, mais pas aussi vite que le carré de ce sinus. L'on reconnaît aussi que le gradient est à peu près le même dans la vallée du Mississippi que dans le voisinage du littoral de l'Atlantique à latitude égale, à l'exception des stations d'une altitude considérable. A une élévation de 6,000 pieds (1,830^{m}), le gradient est près d'un tiers moindre que dans les stations basses.

Les observations démontrent aussi que le gradient est moindre en été qu'en hiver; mais elles sont en trop petit nombre pour donner une valeur satisfaisante du gradient d'été, pour ces grandes vitesses.

Le tableau suivant indique, en milles, la distance moyenne entre les isobares (tracées pour chaque variation de pression d'un dixième de pouce), répondant à une vitesse de vent de un à cinquante milles à l'heure, à l'exclusion des observations des stations au S du 36° parallèle. La latitude moyenne des stations étudiées se rapproche de 45°. La première partie de ce tableau est reproduite d'après mon deuxième Mémoire (voir p. 38).

Relation entre la vitesse du vent et la distance entre les isobares.

Vitesses	Distances	Vitesses	Distances	Vitesses	Distances	Vitesses	Distances	Vitesses	Distances
1	134	11	115	21	97	31	78	41	50
2	134	12	114	22	97	32	75	42	49
3	134	13	109	23	97	33	72	43	48
4	131	14	106	24	97	34	69	44	47
5	128	15	104	25	95	35	66	45	47
6	125	16	100	26	92	36	63	46	46
7	123	17	97	27	90	37	60	47	46
8	122	18	97	28	85	38	57	48	45
9	119	19	95	29	85	39	54	49	45
10	117	20	95	30	81	40	51	50	45

Ainsi, dans 35 cas où l'on a observé des vitesses dépassant 50 milles à l'heure, il y en a un où cette vitesse a atteint 71 milles à l'heure, le 29,1 mai 1873, à Yankton. Ces observations ne doivent pas indiquer un accroissement du gradient au-dessus de celui qui répond à une vitesse de 50 milles à l'heure. Ce fait paraît dénoter que ces grandes vitesses sont locales, et sont dues à une cause locale. Le gradient barométrique est une indication très-certaine de la vitesse moyenne du vent sur une large zone ; mais, sur une zone restreinte, on peut constater des vitesses exceptionnelles qui n'affectent pas sensiblement le gradient tel qu'il est déterminé par des observations recueillies dans des stations éloignées à 100 milles l'une de l'autre. De semblables vitesses exceptionnelles peuvent résulter d'un violent mouvement de rotation de l'air dans le voisinage du lieu d'observation.

NOTE. — J'ai été secondé, dans la préparation des matériaux de ce Mémoire, par M. Henry A. Hazen, gradué du collége de Dartmouth pour la classe de 1871.

NEUVIÈME MÉMOIRE

Présenté à l'Académie nationale des sciences de Washington, le 19 avril 1878.

(Extrait du *Journal Américain des Sciences et des Arts*. Vol. XVI, juillet 1878.

Résultats de la discussion des Cartes du temps des États-Unis.

BASSE PRESSION A PORTLAND (OREGON).

J'ai montré, dans le dernier Mémoire, que les grandes tempêtes des États-Unis proviennent fréquemment de la Colombie anglaise ou de son voisinage. Afin d'étendre cette partie de mes recherches, j'ai choisi, parmi les observations publiées par le *Signal Service* (septembre 1872 à octobre 1874), toutes celles dans lesquelles le baromètre tomba au-dessous de 754.4 à Portland (Oregon). Ces cas s'élèvent au nombre de 63, et correspondent à 18 tempêtes différentes, comme le montre le tableau suivant, dont les diverses colonnes indiquent :

1° Le numéro d'ordre de la tempête ;

2° La date à laquelle le baromètre fut à moins de 754.4 ;

3° La hauteur du baromètre à Portland à cette date ;

4° La direction du vent ;

5° La vitesse du vent à Portland à la date mentionnée ;

6° La quantité de pluie tombée à Portland, durant les 8 heures précédentes ;

7° Le minimum barométrique observé à ce moment dans une station renfermée dans la même zone de basse pression ;

8° Le nom de la station dans laquelle le baromètre fut le plus bas ;

9° La région d'où la tempête paraît avoir été originaire ; Co. An. indique la Colombie anglaise ; Can. indique le Canada, NW. ; O. Pac. indique l'Océan Pacifique ;

Baromètre au-dessous de 754.4 à Portland, Oregon.

Numéros d'ordre	DATES.	Pression.	VENT Direction.	VENT Vitesse.	Pluie en 8 h.	Minimum barom.	STATIONS.	Point de départ.	HAUTE PRESSION A L'E Pression	HAUTE PRESSION A L'E Stations	LITTORAL DE L'ATLANT. Date.	LITTORAL DE L'ATLANT. Lat.
	1872				mm	mm.						°
1	nov. 7.3	753.87	S	12	5.3	753.87	Portland Or.	CoAn	766.57	Breckenridge	nov.12	45
	déc.23.3	751.07	NE		60.9	751.07	Portland Or.	CoAn	786.13	Breckenridge	déc.31	42
	— 24.1	740.41	SE		38.1	740.41	Portland Or.		783.59	La Crosse..		
12	— 24.2	746.76	SE	4	7.4	746.00	Fort-Benton		778.25	Davenport..		
	— 24.3	752.34	SE	9	1.3	751.33	VirginiaCity		778.25	Kingston...		
	— 25.3	752.85	NE	4	8.1	752.85	Portland Or.		781.55	Pembina....		
	— 26.1	753.11	E	4	33.0	753.11	Portland Or.		785.36	Breckenridge		
	1873											
3	jan. 4.2	753.87	W	3	0.2	753.87	Portland Or.	CoAn	772.41	Breckenridge	jan.11	48
	— 30.1	752.85	SE	4	5.8	751.33	VirginiaCity	CoAn	770.12	Pittsburgh..	fév. 5	45
4	— 3 .2	750.57	S	3	1.5	750.57	Portland Or.		767.84	Philadelphie		
	— 30.3	750.57	S	4	2.5	760.57	Portland Or.		770.38	Fort-Benton		
5	mar 30.1	754.38	SE	20	10.1	751.38	Portland Or.	CoAn	767.08	SanFrancisco	avr. 3	48
	— 30.2	754.12	SW	8	5.8	750.82	Fort-Benton		767.83	SanFrancisco		
	avr. 2.1	753.87	SE	3	2.2	744.98	Alpena.....	CoAn	766.57	Rastport....	avr.10	42
6	— 2.2	749 04	SE	21	6.1	744.98	Fort-Garry.		763.27	Punta Rassa		
	— 2.3	753.51	S	12	5.3	746.76	VirginiaCity		764.03	Punta Rassa		
7	— 20.3	753.36	SE	2	0	753.36	Portland Or.	CoAn	766.06	Galveston ..	avr,23	35
8	déc. 5.2	754.12	E	10	0	754.12	Portland Or.	OPac	778.25	La Crosse ..	déc. 9	48
9	— 15.1	752.34	S	4	0.5	752.34	Portland Or.	CoAn	773 93	Vicksburg..	déc.20	45
	— 15.2	753.61	S	24	0.5	753.61	Portland Or.		771.90	Charleston..		
	1874											
	jan. 1.3	754.38	S	8	7.4	748.03	Fort-Benton	Can	778.25	Sydney.....	janv.5	48
10	— 2.1	752.09	S	16	0.8	743.20	Fort-Garry.		776.22	Sydney.....		
	— 2.2	752.60	SE	8	0.8	738.88	Fort-Sully..		773.17	Sydney.....		
	— 2.3	754.38	S	8	7.4	746.66	Fort-Sully..		771.14	New-London		
	— 14.2	753.61	Calme	0	0	753.61	Portland Or.	CoAn	784.60	Breckenridge	janv.19	45
	— 14.3	751.58	S	2	0	751.58	Portland Or.		784.09	Yankton....		
	— 15.1	749.30	S W	2	6.1	749.30	Portland Or.		779.78	Yankton....		
	— 15.2	746.00	Calme	0	2.8	746.00	Portland Or.		776.47	La Crosse ..		
	— 15.3	742.44	Calme	0	3.0	742.44	Portland Or.		776.73	Davenport..		
	— 16.1	739.39	S	6	14.2	739.39	Portland Or.		774.44	Louisville ..		
	— 16.2	738.12	S	30	6.1	738.12	Portland Or.		773.17	Cincinnati..		
11	— 16.3	749.80	S	7	1.5	740.15	Fort-Benton		773.93	Pittsburgh..		
	— 17.1	750.06	S	2	0.2	736.60	Fort-Garry..		776.22	Washington		
	— 17.2	749.55	S	2	0	742.95	Fort-Garry..		776.22	Philadelphie		
	— 17.3	751.33	S	4	0	744.98	Fort-Sully..		777.24	Philadelphie		
	— 18.1	748.53	S	28	0	747 26	VirginiaCity		777.74	Philadelphie	jan.23	46
	— 18.2	751.84	SW	8	27.7	748.03	VirginiaCity		775.97	New-London		
	— 18.3	753.61	SE	4	7.1	753.61	Portland Or.		773.96	Boston.....		
	— 19.1	750.82	S	12	5.6	750.82	Portland Or.		774.44	Pembina....		
	— 19.2	753.11	SW	8	0	752.60	VirginiaCity		772.16	Marquette..		
	fév.10.3	753.61	S	8	0	752.60	VirginiaCity	CoAn	768.85	Mobile	fév.13	50
	— 11.3	752.60	Calme	0	2.5	741.91	Fort-Garry.		765.77	Punta Rassa		
	— 12.1	751.84	Calme	0	0	740.41	Leavenworth..		768.09	Brockville..		
12	— 12.2	751.07	SE	12	13.	737.63	Dubuque....		768.09	New-London		
	— 12.3	747.77	SE	5	4 1	745.49	VirginiaCity			?	fév.16	47
	— 13.1	747.26	S	13	10.7	746 50	VirginiaCity			?		
	— 13.2	749.04	S	10	1.5	747.00	VirginiaCity			?		
	— 13.3	753.61	NW	8	7.9	748.53	VirginiaCity		766.57	Cairo.....		
13	— 28.2	753.61	S	16	0	753.61	Portland Or.	CoAn	769 11	Norfolk	mar. 4	46
14	mars 2.3	748.53	SW	24	29.2	748.53	Portland Or.	CoAn	771.14	Sydney.....	mar. 8	47
	— 3.1	752.09	S	16	0	743 96	Leavenworth..		771.63	Sydney.....		
	— 7.1	750.57	S	12	14.2	750.57	Portland Or.	CoAn	767.84	Fort-Sully..	mar11	30
15	— 7.2	751.84	S	10	1.5	751 84	Portland Or.		769.11	Yankton....		
	— 7.3	753.61	S	12	1.5	753.61	Portland Or.		77 .86	Yanton....		
	— 12.2	752.85	S	18	0	752.85	Portland Or.	CoAn	773.17	Breckenridge	mar20	48
	— 12.3	754.38	SW	8	1.8	752.09	VirginiaCity		770.89	Breckenridge		
	— 14.1	753.36	S	8	3.8	753.36	Portland Or.		770.89	Escanaba...		
16	— 15.2	749.30	S	8	3.6	746.76	Fort-Sully..		772.66	Kingston ...		
	— 15.3	751.33	S	2	0.8	746.76	VirginiaCity		772.92	Burlington ..		
	— 16.1	754.12	Calme	0	0	743.20	Fort-Sully..		774.95	New-London		
17	avr.12.1	752.85	S	3	2.0	749.04	Fort-Sully..	OPac	780.76	Alpena.....	avr.16	48
18	— 30.1	752.60	S	4	6.4	749.80	Fort-Sully..	CoAn	771.39	Montgomery	mai 4	35
	— 20.2	753.36	S	9	8.4	739.90	Fort-Sully..		767.58	Mobile.....		

10° La plus haute pression observée dans une station à la date inscrite dans la colonne 2 ;

11° La station où fut observé le maximum de pression. Chacune de ces zones de basse pression paraît s'être déplacée vers l'E, et peut être suivie jusqu'à la côte de l'Atlantique ;

12° La date à laquelle le centre de basse pression atteignit le littoral de l'Atlantique.

13° La latitude du centre de dépression à cette époque.

L'examen de ce tableau montre que ces circonstances se sont toutes présentées durant les six mois les plus froids de l'année, et qu'elles ont été le plus fréquentes en janvier. Dans la majorité des cas, le vent a soufflé du S, et dans 3 cas seulement, le vent a soufflé d'un quartier N. La plus grande force du vent, dans un cas, a atteint 30 milles à l'heure ; dans 6 cas, elle s'éleva jusqu'à 20 milles et au-dessus ; et, en moyenne, elle a été de 8,2 milles à l'heure.

Dans 46 p. 100 des cas, la pression a été plus basse à Portland que dans toute autre station à la même heure ; dans 27 p. 100 des cas, le *minimum* de pression a eu lieu à Virginia-City ou à Fort-Benton ; dans 30 p. 100 des cas, la pression *minima* a été notée à Fort-Sully ; et dans les autres cas, elle a été observée dans une station un peu plus éloignée vers l'E. La comparaison des observations faites à Virginia-City, avec celles qu'on a recueillies dans le voisinage, montre que les lectures du baromètre étaient trop basses, à Virginia-City, et, en conséquence, il a fallu les augmenter de $6^{mm}6$.

Ainsi, à deux exceptions près, tous les cas de basse pression paraissent originaires de la région N de Portland, et généralement à l'O de cette station. Dans le tableau, cette région est désignée sous les noms de Colombie anglaise. Il est probable que, dans quelques cas, et peut-être dans la totalité, la zone de basse pression s'était originairement formée sur l'Océan Pacifique. La tempête n° 10 s'est apparemment formée à l'E des Montagnes Rocheuses, mais au N des États-Unis, dans une région désignée sous le nom de Canada NW. Les tempêtes n°s 8 et 17 ont apparemment pris naissance sur l'Océan Pacifique, à hauteur de la latitude de San-Francisco.

Dans la majorité de ces cas, il existait une zone de haute pression

à l'E de Portland, à une distance moyenne de 1500 milles. Dans un cas, le baromètre s'éleva à 786.13 ; dans 6 cas, il atteignit 781,05 ; dans un tiers des cas, la pression s'éleva à 774.70 ; et dans un peu moins des deux tiers des cas, la pression s'éleva à 768.35 Dans cinq cas (en dehors des 63), il n'y eut pas de station, dans les limites des États-Unis, où la pression atteignit 765.77 aux dates mentionnées. Le n° 17 est représenté sur la planche III jointe au présent Mémoire, et le n° 2 est représenté sur la planche I jointe à mon cinquième Mémoire.

Dans chaque cas, le centre de dépression se déplaça vers l'E, et put être suivi jusqu'à la côte d'Atlantique. Au n° 11, comme on observe une période de dépression se maintenant cinq jours, on doit probablement la considérer comme formée de deux zones de basse pression, dont la seconde suivit immédiatement la première, de sorte qu'elles se trouvaient réunies en Oregon ; mais elles traversèrent le continent indépendamment l'une de l'autre, l'une d'elles se trouvant en retard de deux jours sur la précédente. La durée moyenne du passage sur le Continent fut de cinq jours, et la latitude moyenne, à laquelle le centre de dépression atteignit l'Atlantique, fut de 45°.

Les trajectoires que suivirent ces zones de basse pression en parcourant le Continent, diffèrent beaucoup d'arcs de grand cercle. En partant de l'Océan Pacifique, généralement de la région N vers le 50° parallèle, leur cours s'infléchissait vers le SE, jusque vers le milieu du continent, et, sur le méridien de 100° de Greenwich, la latitude moyenne des trajectoires était de 40°. Ensuite, le cours reprenait graduellement vers le N, et lorsqu'elle atteignait l'Atlantique, la latitude moyenne de la trajectoire était de 45°.

BASSE PRESSION A SAN FRANCISCO (CALIFORNIE).

Les observations faites à San-Francisco ont été discutées de la même manière que celles de Portland. Le tableau suivant indique tous les cas dans lesquels (durant une période de 26 mois) le baromètre est tombé à moins de 754.4. Ce tableau a été dressé de la même façon que celui de Portland.

Baromètre au-dessous de 754.4 *à San-Francisco.*

Nos d'ordre.	DATES.	Pression.	VENT Direction.	VENT Vitesse.	Pluie en 8 h.	Minimum barom.	STATIONS.	Point de départ.	HAUTE PRESSION A L'EST. Pression	HAUTE PRESSION A L'EST. STATIONS.	LITTORAL DE L'ATLANT. Dates	LITTORAL DE L'ATLANT. Lat.
	1872				mm							°
1	déc. 28.2	753.87	SE	14	2.8	753.87	San-Francis.	OPac	773.94	Nashville...	déc.31	43
	1873											
	jan.31.2	750.57	SE	20	1.0	750.57	San-Francis.	OPac	781.81	Breckenrid.	fév. 5	45
	— 31.3	751.84	SW	4	7.1	751.84	San-Francis.		783.59	Breckenrid.		
2	fév. 1.1	753.11	NE	4	0	753.11	San-Francis.		786.13	Fort-Sully..		
	— 1.2	752.85	N	4	0	752.85	San-Francis.		782.82	Leavenwor.		
	— 1.3	753.61	S	8	0.5	753.61	San-Francis.		781.79	Davenport..		
	— 24.1	752.09	W	8	1.0	749.04	Corinne....	OPac	770.89	Fort-Sully..	fév.28	43
3	— 24.2	751.84	W	16	0	747.01	Corinne....		769.11	Fort-Sully..		
	— 24.3	752.85	W	12	0	746.25	Corinne.....		771.14	Fort-Sully..		
4	juil. 1.3	754.38	SW	12	0	751.58	Fort-Garry.,	Can.	766.57	Lake City..	juil. 6	44
	sep.25.3	753.87	SW	8	0	746.15	Fort-Sully..	Can.	765.30	Halifax.....	?	50
5	— 26.1	753.36	SW	12	0	742.95	Breckenrid.		767.33	Washington		
	— 26.2	753.36	SW	16	0	741.68	Fort-Garry..		767.58	Cape May..		
	— 26.3	753.87	SW	12	0	750.06	Fort-Garry..		768.60	Philadelphie		
	déc. 3.3	753.61	SE	20	19.3	753.36	Cheyenne...	OPac	769.11	Charleston..	déc. 9	48
	— 4.1	752.60	NW	16	18.3	752.60	San-Francis.		772.67	St-Louis....		
	— 4.2	751.07	S	20	2.0	751.07	San-Francis.		771.90	Cairo.....		
6	— 4.3	750.57	S	20	1.3	750.57	San-Francis.		775.97	Fort-Sully..		
	— 5.1	752.34	S	8	25.1	752.34	San-Francis.		778.51	Fort-Sully..		
	— 7.1	754.38	SE	8	6.4	752.09	Corinne		780.03	Kingston...		
	— 7.3	753.61	SE	4	1.8	753.36	Cheyenne ..		780.03	Montreal...		
	— 8.1	754.12	Calme	0	0	754.12	San-Francis.		781.30	Chatham ...		
	1874											
	jan.15.3	750.57	S	28	7.8	742.44	Portland Or.	CoAn	776.73	Davenport..	jan.19	45
	— 16.1	751.33	SW	24	2.8	739.39	Portland Or.		774.45	Louisville ..		
7	— 16.3	753.61	SW	8	0	740.15	Fort-Benton		773.94	Pittsburgh..		
	— 14.1	750.82	S	24	16.4	736.60	Fort-Garry.		776.22	Lynchburgh		
	— 17.2	752.60	SW	16	8.9	742.95	Fort-Garry.		776.22	Philadelphie		
8	fév. 12.1	754.38	SW	12	1.8	740.41	Leavenwort.	CoAn	768.09	Brockville..	fév.14	50
9	avr.11.1	754.38	W	16	0	752.34	Salt Lake City.	CoAn	773.43	Pembina...	avr.16	48

Le nombre de ces cas est de 29, correspondant à 9 tempêtes différentes, survenues, pour la plupart, durant les mois d'hiver. Un seul cas se rapporte à des mois d'été, et il est résulté, apparemment, de causes agissant sur la partie centrale du continent de l'Amérique du Nord. Dans les 3/4 des cas, le vent a soufflé de quelque direction du S. et, dans 3 cas seulement, il a soufflé de la région N. La vitesse moyenne du vent a été de 50 0/0 supérieure à celle de Portland, résultat qui peut être attribué à sa proximité plus grande de l'Océan.

Dans un peu plus du 1/3 des cas, la pression à San-Francisco a été la plus basse que l'on ait observée, dans d'autres stations, à la même heure. Dans 11 cas, la plus grande dépression s'est trouvée à l'E des Montagnes Rocheuses, et dans 8 cas, le centre de plus

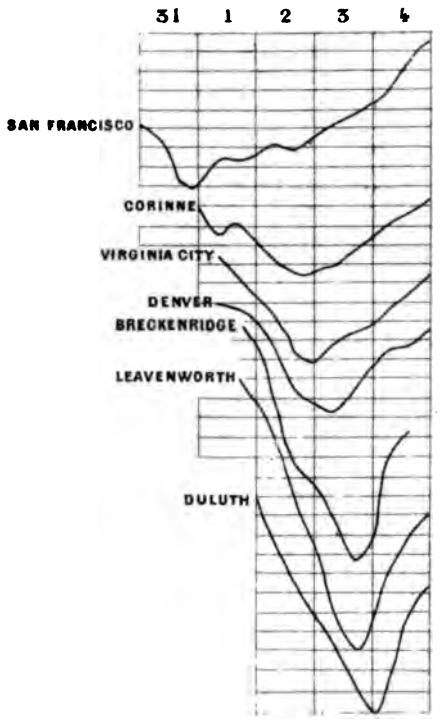
basse pression était situé à environ 1,400 milles à l'E. Cinq de ces dépressions paraissent avoir pris naissance sur l'océan Pacifique ; dans le restant, 4 semblent originaires du N des États-Unis, 2 de l'O des Montagnes Rocheuses, et 2 de l'E.

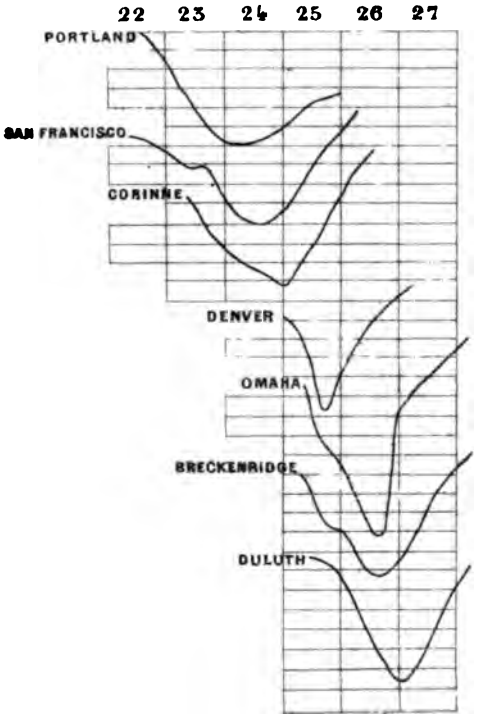
Dans la presque totalité de ces cas, il exista une zone de haute pression à l'E de San-Francisco, à une distance moyenne de 1,500 milles. Dans un cas, le baromètre s'éleva à 786.13, et dans les 2/3 des cas, il atteignit au moins 771.1. Au n° 4, une légère baisse du baromètre s'étendait entièrement sur les États-Unis, à l'exception de la région SE. Cette zone déprimée continua à couvrir une partie considérable des États-Unis, sans beaucoup de changement, durant une période de quinze jours.

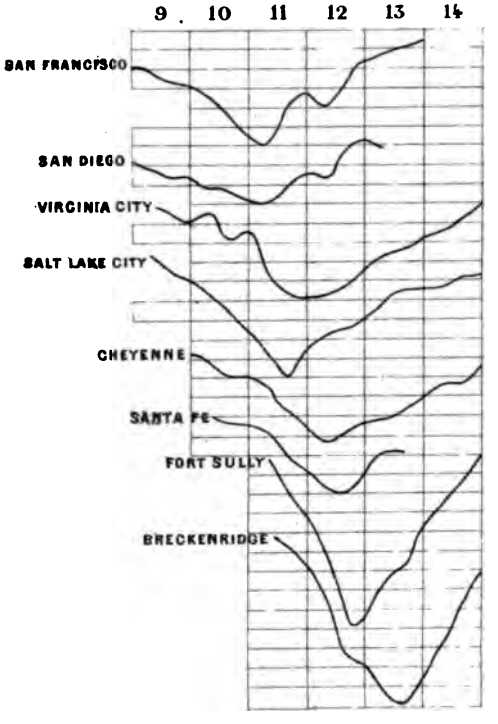
Dans chacun de ces cas (à l'exception d'un seul peut-être) le centre de basse pression se déplaça vers l'E à travers les Montagnes Rocheuses, et on put le suivre entièrement sur le continent, bien que, dans certains cas, la vague barométrique éprouvât de profondes modifications dans son parcours. En raison de l'incertitude qui affecte la réduction, au niveau de la mer, effectuée sur les observations en pays de montagnes, le cours de la vague barométrique est le mieux représenté par les variations de pression, sans avoir égard à la hauteur absolue du baromètre. La planche I montre les oscillations du baromètre pour les n^{os} 2, 3 et 9 à San-Francisco et dans quelques autres stations, s'étendant vers l'E jusqu'au bassin du Mississippi, et une variation de pression de 1/10ème de pouce ($2^{mm}54$) est représentée, sur le diagramme, par la même longueur ($2^{mm}54$). La planche II indique trois autres cas, dans lesquels le minimum de pression est nettement défini, et le cours de la vague barométrique indiqué très-clairement. Ces exemples montrent, d'une manière concluante, que les vagues barométriques, partant de l'océan Pacifique, traversent les Montagnes Rocheuses et pénètrent dans le bassin du Mississippi, avec trop peu de changement pour qu'il soit possible de douter de leur identité. On pourra noter, cependant, que l'oscillation barométrique augmente, en général, tout à fait rapidement, aussitôt que la vague atteint le bassin du Mississippi ; et, dans quelques-uns des diagrammes, on constate des variations sensibles dans la forme

BAROMÉTRIC FLUCTUATIONS

PLATE I

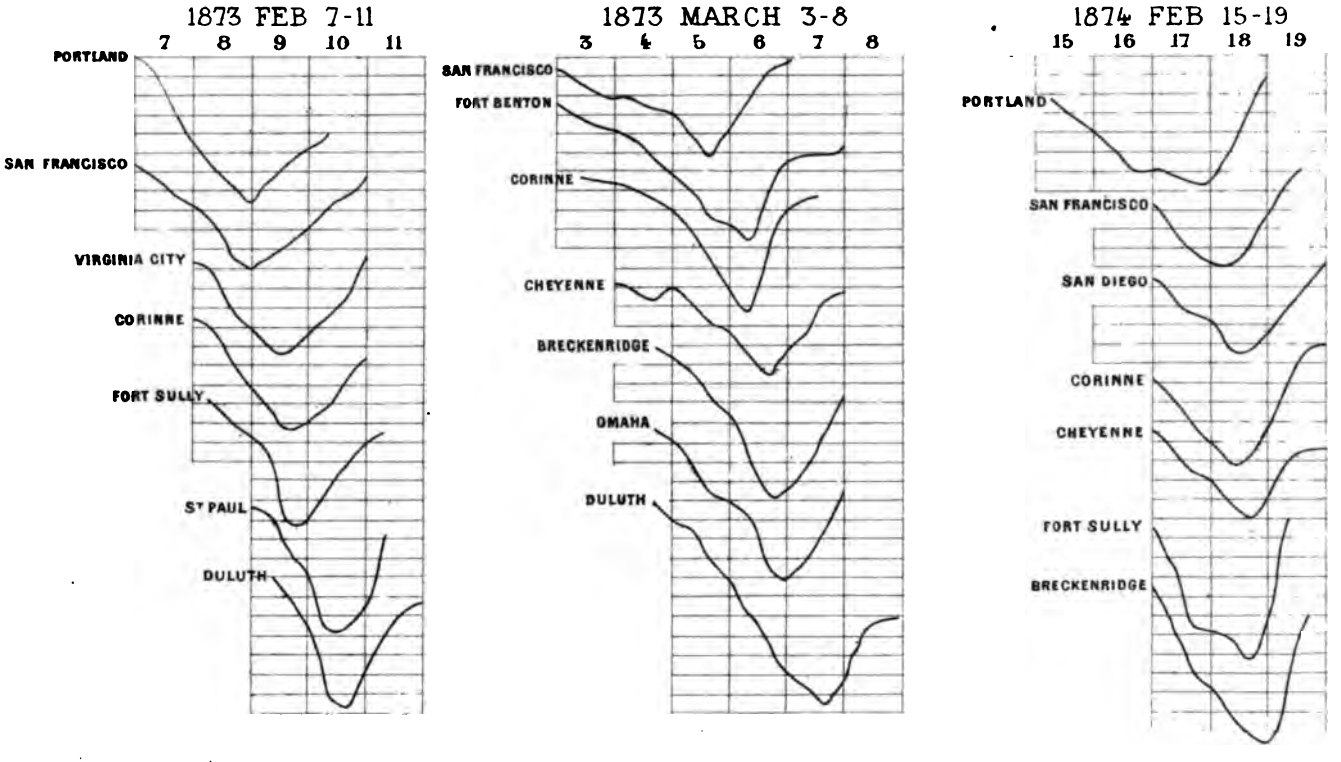






BAROMETRIC FLUCTUATIONS

PLATE II.



des courbes, en passant d'une station à l'autre. Dans quelques cas, non figurés ici, ces changements étaient un peu plus considérables.

Le minimum à Salt Lake City survient, généralement, environ 16 heures plus tard qu'à San-Francisco, et à Cheyenne, environ un jour plus tard qu'à San-Francisco. Ceci indique une vitesse de 40 milles à l'heure ; vitesse qui est plus grande que celle que l'on trouve communément pour les vagues barométriques ; mais il est probable que le mouvement du centre de basse pression n'était point parallèle à la ligne réunissant Cheyenne et San-Francisco, de sorte que la vitesse du centre de basse pression était inférieure à 40 milles par heure. Il paraît alors clairement établi que les vagues barométriques, partant de l'océan Pacifique, traversent les Montagnes Rocheuses et atteignent le bassin du Mississippi sans avoir éprouvé de grandes modifications. Les Montagnes Rocheuses forment une barrière continue de 6000 pieds (1830^{m}) de hauteur, depuis l'Amérique anglaise, jusqu'au 32^{e} parallèle vers le S, et la Sierra Nevada offre une barrière de même hauteur, s'étendant vers le S jusqu'au 36^{e} parallèle, à partir de l'Amérique anglaise, mais avec trois lacunes qui, en totalité, ne forment pas une longueur de 100 milles. Les Montagnes Rocheuses forment une barrière de 10,000 pieds (3050^{m}) de hauteur, qui s'étend presque à moitié distance de la latitude de 49° à la latitude de 32°, et qui se continue, sur 350 milles environ, dans le voisinage du Colorado. La Sierra Nevada présente aussi de courtes chaînes de hauteur égale, mais dont la plus longue n'atteint pas 150 milles. Ainsi, nous voyons qu'une chaîne continue de montagnes, de 6,000 pieds (1830^{m}) de hauteur, ne peut arrêter le cours des ondes atmosphériques ; de même, des chaînes de plus de 10,000 pieds (3050^{m}) de hauteur, brisées comme dans l'Amérique du Nord, n'offrent pas d'obstacle insurmontable. Une grande dépression barométrique exige, soit un vent soufflant avec une vitesse d'ouragan, soit même un système de vents convergents, s'étendant sur une vaste zone. Les chaînes de montagnes, entre l'océan Pacifique et le bassin du Mississippi, offrent des obstacles à la formation d'un système de vents d'une très-grande étendue géogra-

phique, et c'est là probablement une raison pour que les fluctuations barométriques, dans les stations en pays de montagnes, soient moindres que dans le bassin du Mississippi. Les oscillations du baromètre sont, en général, quelque peu supérieures à Salt Lake City qu'à San-Francisco, et, généralement aussi, elles deviennent notablement plus grandes, après avoir traversé les Montagnes Rocheuses. La dépression du baromètre au centre d'une grande tempête est principalement attribuable à l'étendue géographique du système de vents mis en mouvement; et, après qu'un centre de tempête a atteint le fleuve du Mississippi, il n'existe plus de barrières montagneuses pour entraver la formation d'un système de vents circulant sur une zone de 2,000 milles de diamètre.

ZONES DE HAUTE PRESSION

Chacune des zones de basse pression, décrite dans mon huitième Mémoire, fut précédée d'une zone de haute pression, située à l'E, à une distance moyenne d'environ 1,000 milles, et suivie d'une zone de haute pression à l'O et environ à la même distance.

Afin de découvrir les circonstances sous lesquelles les zones de haute pression prenaient naissance, ainsi que leurs relations avec les zones de basse pression, j'ai choisi, dans les volumes d'observations du *Signal Service*, publiés jusqu'ici, tous les cas dans lesquels le baromètre s'éleva à plus de 778.51 dans une station. Il arriva, parfois, que le baromètre fut, à la même heure, au-dessus de 778.51 dans un grand nombre de stations, toutes renfermées dans la même zone de haute pression. Dans ce cas particulier, on n'employa qu'une des stations, celle où le baromètre fut le plus élevé. Ces observations de pression maximum sont indiquées dans le tableau suivant, dont les diverses colonnes renferment :

1° Le numéro d'ordre de la zone de haute pression ;

2° La date à laquelle la pression fut au-dessus de 778.51 ;

3° La plus grande hauteur du baromètre observée à cette heure ;

4° Le nom de la station à laquelle on observa la plus haute pression ;

Baromètre au-dessus de 778.51.

Numéros d'ordre	DATES.	Pression.	STATIONS.	Thermomètre.	Vent précédent.	Point de départ.	BASSE PRESSION A L'EST. STATIONS.	Pression.	BASSE PRESSION A L'OUEST. STATIONS.	Pression.
	1872									
1	oct. 29.1	778.76	Kingston....	0.6	33	Can.			Omaha	754.12
	nov. 13.3	782.07	Fort-Benton.	—10.6	47	Co An	Saint-Paul...	750.57		
	— 14.1	784.09	—	—11.7			Marquette ...	752 60		
	— 14.2	784.35	—	— 7.8			Escanaba....	753.11		
	— 14.3	784.35	—	—17.8			Montreal	749.55		
2	— 15.1	782.57	—	—24.4			Quebec.....	744.22		
	— 15.2	779.01	—	—10.0			—	751.58		
	— 16.3	779.53	—	—16.1			—	760.98		
	— 17.1	781.05	Nashville....	— 7.2						
	— 17.3	780.03	Leavenworth	—10.0						
3	— 18.2	779. 1	Portland Or.	6.1	32	Co An	Fort-Sully...	759.46		
	— 28.1	780.03	Breckenridge	—24.4	57	Co An	Quebec.....	759.71		
	— 28.2	783.34	—	—21.1			Buffalo.....	761.49		
4	— 28.3	786.89	Duluth.....	—17.8			Rochester...	756.41	Portland Or..	761.74
	— 29.1	785.62	Breckenridge	—26.1			Boston.....	755.39	—	76 .73
	— 29.2	780.03	Memphis	— 3.3			—	759.57	—	760.73
	déc. 8.2	779.78	Breckenridge	—19.4	41	Co An	Montréal....	748.53		
5	— 8.3	781 81	—	—23.9			Rochester ...	748.03		
	— 9.1	782.83	—	—25.6			Montreal. ...	747.25		
	— 21.1	780.29	Leavenworth	—18.9	38	Co An	Halifax.....	754.12		
6	— 21.2	780.03	—	—17.8			—	756.92	Fort-Benton.	755.14
	— 21.3	780.29	Nashville....	—12.2			Oswego	758.95	Virginia-City	753.87
	— 23.1	779.78	Breckenridge	—36.1	40	Can	Alpena.....	754.63	Cheyenne....	756.66
	— 23.2	784.35	—	—31.1			Montreal	755.39	—	755.89
7	— 23.3	786.13	—	—35.0			Halifax.....	752.6	Portland Or..	751. 7
	— 24.1	783.59	La Crosse...	—32.8			—	757.42	—	740.41
	— 25.1	778.76	Kingston....	—29.4					Cheyenne....	753.87
	— 25.3	781.56	Pembina	—31.1	32	Can	Wilmington..	754.88	Portland Or..	752 85
	— 26.1	785.37	Breckenridge	—32.8			Norfolk.....	748.28	—	753.11
8	— 26.2	785.3	—	—30.0			New-London.	749.55	—	755.9
	— 26.3	783 34	—	—32.8			Halifax.....	744.47	—	760.22
	— 27.1	784.35	—	—36.1			—	740.91	Cheyenne....	757.68
									Fort-Sully...	749.55
	1873									
9	jan. 12.1	778.76	Charleston...	2.2	36	Ark				
	— 15.1	782 57	Portland Me.	—16.1	40	Can			Leavenworth	751.58
10	— 15.2	782 83	—	—11.1					Milwaukee...	751.84
	— 15.3	782.83	Halifax.....	—12.2					Alpena.....	753.61
	— 16.1	780.29	Breckenridge	—32.2	38	Co An	Louisville...	751.58		
	— 16.2	779.27	—	—26.1			Buffalo.....	748.03		
	— 16.3	782.07	—	—30.0			Quebec.....	745.74		
11	— 17.1	781.56	—	—28.3			—	750.31		
	— 17.3	778.76	Saint-Paul...	—26.1			Wilmington..	756.92	Fort-Benton..	760.73
	— 18.1	779.01	La Crosse ...	—37.8			Philadelphie.	755.39	—	759.46
	— 27.2	781.05	Breckenridge	—27.2	40	Co An	New-London.	751.58	Santa-Fe....	746.25
	— 27.3	785 37	—	—33.9			Halifax.....	740.91	—	753.11
12	— 28.1	782.07	—	—37.2			—	746. 0	—	757.42
	— 28.2	780.80	Leavenworth	—19.4			—	755.91	—	756.41
	— 28.3	780.29	—	—24.4			—	754.63	Fort-Benton.	754.63
	— 31.1	778.76	Breckenridge	—27.2	34	Can	Quebec.....	757.42	Corinne.....	753.11
	— 31.2	781.81	—	—28.3			Halifax.....	747.42	SanFrancisco	750.57
	— 31.3	783.59	—	—31.7			Quebec	759.26	—	748.79
13	fév 1.1	786.13	Fort-Sully...	—18.9			Halifax.....	761.23	—	753.11
	— 1.2	782.83	Leavenworth	—15.6			—	759.96	—	752.85
	— 1.3	780.80	Davenport...	—16.7			—	758.69	—	753.61
	mars 1.3	781.56	Fort-Sully...	—14.4	36	Can	Quebec.....	761.49		
	— 2.1	785.62	—	—14.4			—	760.47		
	— 2.2	783.34	—	—13.3			—	754.38		
	— 2.3	782.81	Breckenridge	—30.0			Cape May....	757.4		
14	— 3.1	781.35	—	—35.0			New-London.	751.33		
	— 3.2	781.65	Saint-Paul..	—13.9			Portland Me.	745.49		
	— 3.3	786.64	—	—18.3			—	45.74	Portland Or.	761.23
	— 4.1	785.11	Omaha	—12.8			—	752.85	—	758.69

Baromètre au-dessus de 778.51.

Numéros d'ordre	DATES.	Pression.	STATIONS.	Thermomètre.	Vent précédent.	Point de départ.	BASSE PRESSION A L'EST. STATIONS.	BASSE PRESSION A L'EST. Pression.	BASSE PRESSION A L'OUEST. STATIONS	BASSE PRESSION A L'OUEST. Pression.
	1873									
	mars 4.2	779.78	Chicago	— 6.7			Portland Me.	758.95	Portland Or.	755.90
	— 4.3	780.54	—	—11.7					—	755.65
	— 5.1	781.81	Knoxville....	—11.7					Fort-Benton .	754.38
	— 5.2	779.53	Port Stanley.	— 6.7					—	750.57
14	— 5.3	780.29	Baltimore ...	— 5.0					—	749.8.
	— 6.1	781.81	Lynchburg ..	—10.0					—	748.03
	— 6.2	779.53	Norfolk.....	2.2					Fort-Sully...	745.49
	— 6.3	780.03	Augusta.....	2.8					—	747.2e
	— 7.1	779.01	—	— 1.1					Duluth	747.26
15	— 24.3	779.27	Fort-Sully...	—17.2	31	Co An	Cairo.....	752.60		
	— 25.1	781.3e	—	—20.6			Nashville ...	752.85	Portland Or..	760.47
	nov. 29.1	778.76	Pembina.....	—24.4	32	Can.	Cap Rosier ..	755.39	—	756.92
	— 29.2	779.01	—	—18.3			—	758.10	—	755.65
	— 29.3	780.29	—	—20.0			—	759.46	—	756.15
	— 30.1	779.78	Kingston....	—13.3					—	757.93
	— 30.2	780.54	—	—14.4					Virginia City	755.39
	— 30.3	781.56	—	—15.0					—	753.36
16	déc. 1.1	782.32	Quebec.....	—24.4					Cheyenne....	754.63
	— 1.2	781.81	Montreal. ...	—17.8					—	752.85
	— 1.3	781.56	Father Point	—18.9					—	752.34
	— 2.1	783.34	Chatham	—26.7					—	75. .82
	— 2.2	782.07	—	—17.2					—	748.53
	— 2.3	780.03	Halifax.....	— 7.2					Dubuque.....	749.80
	— 3.1	779.01	Sydney.....	— 6.7					Escanaba....	750.3e
	— 5.3	780.54	La Crosse ...	—16.7	49	Can.			Portland Or..	753.14
	— 6.1	780.03	Toledo.....	— 5..					—	755.9e
17	— 7.1	780.03	Kingston	— 6.7					Corinne	752. .9
	— 7.3	780.03	Montréal. ...	— 6.7					Cheyenne....	753.36
	— 8.1	781.3e	Chatham.....	—14.4					Breckenridge	756.15
18	— 9.1	779.01	Yankton	—15.0	54	Can.	Father Point.	755.90		
19	— 19.3	779.01	—	—17.8	31	Co An	Boston.....	753.11		
	— 20.1	779.27	—	—22.2			Halifax.....	751.33		
2	— 30.1	778.76	Fort-Gibson.	— 8.9	32	Can.	Cap Rosier..	744.98		
	1874									
	janv. 5.3	780.80	Father Point	— 9.4	32	Co An			Fort-Garry..	753.87
	— 6.1	785.62	Chatham	—14.4					—	758.19
21	— 6.2	782.07	Cap Rosier..	—12.2					Augusta Ga.	755.39
	— 6.3	779.01	Chatham. ...	— 7.8					—	752.09
	— 13.1	784.09	Fort-Sully...	—21.7	43	Can.			San Diégo ...	759.96
	— 13.2	782.57	Breckenridge	—20.0					—	7 9.96
	— 13.3	784.60	Yantkon.....	—22.2			Cleveland..	759.96	—	761.00
22	— 14.1	786.38	—	—23.9			New-London.	756.66	Portland Or.	756.92
	— 14.2	784.60	Breckenridge	—30.6			Eastport.....	748.53	—	753.61
	— 14.3	784.09	Yankton.....	—23.3			Halifax.....	743.71	—	751.58
	— 15.1	779.78	—	—21.7			—	741.42	—	749.30
23	— 20.3	779.53	Father Point.	—16.1	49	Can.			Cheyenne ...	751.84
	— 21.1	780.80	Chatham	—21.7					Fort-Gibson..	746.25
	— 23.3	780.03	Yankton.....	—18.9	38	Can.	Cap Rosier..	743.45		
	— 24.1	783.84	—	—27.2			—	756.15		
	— 24.2	784.86	Cairo.....	2.2						
24	— 24.3	785.11	—	— 2.2						
	— 25.1	785.11	La Crosse...	—16.1			Eastport.....	758.19	Portland Or .	760.73
	— 25.2	782.57	Milwaukee ..	—11.7			Halifax.....	756.66	—	758.44
	— 25.3	781.05	Port Stanley.	—16.1			—	758.95	Fort-Benton.	757.68
	— 26.1	782.57	Memphis	5.0			Sydney.....	759.90	—	756.92
	— 29.2	782.32	Pembina.....	—27.8	47	Co An	Cap Rosier..	758.95		
	— 29.3	784.89	—	—32.2			—	761.49		
	— 30.1	781.56	—	—30.0			Halifax	755.14		
25	— 30.2	779.01	—	—23.3					Santa-Fe....	754.12
	— 30.3	778.76	—	—29.4					—	753.11
	— 31.1	779.53	Chatham. ...	—37.2					—	751.84
	— 31.3	779.53	Marquette...	—16.7					—	

Numéros d'ordre	DATES.	Pression.	STATIONS.	Thermomètre.	Vent précédent.	Point de départ.	BASSE PRESSION A L'EST. STATIONS.	Pression.	BASSE PRESSION A L'OUEST. STATIONS.	Pression.
	1874									
	fév. 1.1	782.07	Brockville...	—31.7					Santa-Fe....	752.85
	— 1.2	783.34	Burlington...	—21.1						
25	— 1.3	784.09	—	—25.0						
	— 2.1	784.60	Chatham.....	—30.0						
	— 2.2	781.30	Father Point	—21.1					Mobile.....	761.49
	— 2.3	780.54	Halifax.....	—23.3						
26	— 5.1	778.76	Brokville....	—22.2	30	Co An	Sydney.....	751.58	Santa-Fe....	752.60
	— 23.2	780.29	Yankton.....	—11.7	50	Co An	Quebec.....	750.82		
27	— 23.3	783.84	—	—18.9			Father Point	748.52		
	— 24.1	782.83	—	—18.3			Sydney....	752.60		
	— 24.2	780.03	La Crosse...	—15.0						
	— 24.3	779.27	—	—16.1						
	mar 23.1	780.54	Breckenridge	—22.2	48	Co An	Sydney.....	748.53		
28	— 23.2	779.01	—	— 9.4			—	746.25		
	— 23.3	780.03	Davenport...	— 6.1			—	749.04		
	— 24.1	779.78	Saint-Louis..	— 5.0			—	751.84		
29	avr. 12.1	778.76	Alpena.....	— 7.8	32	Can	—	749.04	Fort-Sully...	749.01
	sep. 17.3	779.01	Cap Rosier..	3.9	35	Co An			Fort-Garry..	751.33
30	— 18.1	779.78	—	8.3					Leavenworth	754.12
	— 18.2	778.76	—	8.9					—	749.04
31	oct. 12.1	779.78	Yankton.....	— 8.9	37	Can	Cap Rosier.	751.84	SanFrancisco	760.73
32	— 30.3	779.78	Fort-Sully...	— 8.9	41	Co An	Sydney.....	748.53		

5° La température à la station donnée et à l'heure donnée ;

6° La plus grande vitesse du vent qui précéda chacune de ces zones de haute pression ;

7° La région où cette zone de haute pression paraît avoir pris naissance ; les abréviations sont les mêmes que dans les tableaux précédents, à l'exception du mot Arkansas désigné par Ark.

8° La station, à l'E de la zone de haute pression, où le baromètre fut le plus bas ;

9° La hauteur du baromètre à cette station ;

10° La station, à l'O de la zone de haute pression, où le baromètre fut le plus bas ;

11° La hauteur du baromètre à cette station.

Ces cas correspondent à 32 zones différentes de haute pression ; 30 d'entre eux se sont produits durant les cinq mois d'octobre à mars, et 9 durant les quatre mois de mai à août. Plus de la moitié du total ont eu lieu durant les mois de décembre et janvier. Ainsi, l'on a constaté que les zones de haute pression exceptionnelle, survenaient dans la même saison de l'année que les zones de basse pression exceptionnelle.

Afin de reconnaître à quel point ces cas de haute pression dépendaient de la latitude et de la longitude, j'ai divisé les stations en trois classes, renfermant, la première, les stations à l'E du 86° méridien de Greenwich, la deuxième, les stations entre les méridiens de 86° et de 102°; la troisième, les stations à l'O du 102° méridien.

Classification des cas de haute pression.

OUEST DU 102e MÉRIDIEN.			ENTRE LES 86e ET 102e MÉRIDIENS			EST DU 86e MÉRIDIEN.		
Stations.	Latitude	Cas.	Stations.	Latitude	Cas.	Stations.	Latitude	Cas.
Fort-Benton.	47° 52'	7	Pembina.....	49° 0'	9	Cap Rosier ..	48° 52'	4
Portland Or.	45 30	1	Duluth	46 48	1	Father Point.	48 31	4
			Marquette...	46 33	1	Chatham.....	47 1	8
			Breckenridge	46 16	29	Quebec.....	46 48	1
			Saint-Paul...	44 53	3	Sydney.....	46 8	1
			Fort-Sully ...	44 39	8	Montreal	45 31	2
			La Crosse....	43 48	6	Alpena	45 5	1
			Milwaukee...	43 3	1	Halifax.....	44 39	3
			Yankton.....	42 45	13	Brockville ...	44 31	2
			Chicago.....	41 52	2	Burlington...	44 29	2
			Davenport...	41 30	2	Kingston	44 12	6
			Omaha	41 16	1	Portland Me.	43 40	2
			Leavenworth.	39 19	6	Port Stanley.	42 40	2
			Saint-Louis..	38 37	1	Toledo	40 39	1
			Cairo.....	37 0	2	Baltimore....	39 18	1
			Nashville	36 10	2	Lynchburg...	37 18	1
			Fort-Gibson .	35 43	1	Norfolk.....	36 51	1
			Memphis	35 8	2	Knoxville....	35 56	1
						Augusta.....	33 28	2
						Charleston...	32 45	1

Les observations faites dans chacune de ces stations embrassent une période complète de vingt-six mois, à l'exception des suivantes, savoir : les observations de Pembina, commencées en novembre 1872 ; celles d'Halifax, en décembre 1872 ; celles de Yankton et de Fort-Gibson, en avril 1873 ; de Chatham, en octobre 1873 ; de Cap Rosier, Father Point et Sydney, en novembre 1873 ; et enfin, celles de Brockville, en janvier 1874.

Ainsi, nous voyons que les cas de haute pression s'observent le plus fréquemment dans les stations septentrionales. Près des deux tiers du total se produisent au N du 47e parallèle, et 15 p. 100 seule-

ment, au S du 40° parallèle. Un cas seul s'est présenté au delà des Montagnes Rocheuses, et, à l'E de ces montagnes, les hautes pressions sont le plus fréquentes près du 97° méridien. Après avoir reconnu l'inégale période qu'embrassent les observations dans les différentes stations, nous trouvons que, dans le voisinage du Dakota, les cas de haute pression sont observés, près de deux fois plus fréquemment, qu'ils ne le sont à une latitude correspondante, près de la côte d'Atlantique. Ce fait paraît encore plus sensible si l'on établit la comparaison pour les pressions qui atteignent 784^{mm}86. Dans la région comprise entre les 86° et 102° méridiens (W. Greenwich), le baromètre s'est élevé à 784^{mm}86 dans 15 cas, tandis que cela n'est arrivé que 9 fois dans le district à l'O du 102° méridien, et qu'une seule fois dans le district à l'E du 86°. L'abaissement de température qui accompagne ces hautes pressions est très-remarquable. La plus basse température observée dans un cas a été de 37°8 à La Crosse. Sept fois, le thermomètre est descendu à — 34°4, et cinq de ces cas ont été observés à Breckenridge. Dans un peu plus de la moitié du total des cas, le thermomètre est descendu à zéro Fahrenheit (— 17°8 C.) La plus haute température notée dans un de ces cas a été de 8°9 à Cap Rosier, le 18-2 septembre 1874. C'est une station où la variation diurne de la température est extraordinairement faible, parce qu'elle se trouve sous l'influence de la température du golfe du Saint-Laurent. Dans tous ces cas, la température moyenne, à Breckenridge et dans le voisinage de cette localité, a été très-peu inférieure à celle de tout autre point à l'E du 86° méridien.

Le fait que la région de plus basse température est également la région de plus haute pression ne peut être regardé comme accidentel. Un abaissement de température de l'air accroît sa densité et contribue ainsi à augmenter sa pression. Nous examinerons ce point plus spécialement dans la suite de ce Mémoire.

A part une seule exception, ces zones de hautes pressions paraissent provenir de l'Amérique anglaise. La moitié, à peu près, semblent originaires de l'O de la chaîne des Montagnes Rocheuses; mais, en raison du nombre restreint de points d'observation, il est impossible de remonter, d'une manière satisfaisante, à la source

de ces zones de haute pression. Chaque zone de haute pression paraît avoir débuté par une hausse modérée à partir de 762^{mm}; cette élévation a graduellement augmenté à mesure que l'onde s'est avancée, et elle a généralement atteint son maximum sur le Dakota ou le Minnesota. Dans un cas (janvier 1873) une zone de haute pression couvrait les États du Sud et ne pouvait être figurée sur l'Amérique anglaise. Cette zone de haute pression paraît s'être originairement développée dans le voisinage de l'Arkansas, et avoir augmenté lentement à mesure qu'elle marchait vers l'E, où la pression atteignit 778.76 à Charleston, le 12 janvier 1873.

Dans la presque totalité des cas, une zone de basse pression marchait immédiatement avant la zone de haute pression. Lorsque le centre de haute pression se trouvait à l'O du Mississippi, une zone de basse pression était presque invariablement dénotée par les observations dans le voisinage de la côte d'Atlantique. Lorsque le centre de haute pression se trouvait près du littoral de l'Atlantique, on ne pouvait avoir d'observations locales permettant de reconnaître une basse pression à l'E, mais, en général, une zone de haute pression avait couvert cette même région un jour ou deux auparavant. Tel est le cas pour les numéros 1, 10, 17, 21, 23 et 30. Le seul cas dans lequel une zone de haute pression ne fut pas immédiatement précédée d'une zone de basse pression à l'E, est celui du n° 9, dont il a été déjà question, et qui résultait, selon toute apparence, d'une zone de haute pression qui couvrait la région N des États-Unis. Nous trouvons, de cette manière, que les zones de très-haute pression sont presque invariablement précédées par des zones de basse pression à l'E, et généralement à une distance d'environ 1,200 milles.

Presque toutes ces zones de haute pression ont été immédiatement suivies par une zone de basse pression sur la région O. Lorsque le centre de haute pression atteignit le milieu du continent, une zone de basse pression a été, presque invariablement, indiquée par les observations recueillies près du littoral du Pacifique. Aussi longtemps que le centre de haute pression fut près de la côte du Pacifique, il n'y avait point d'observations locales permettant de constater cette basse pression à l'O, mais, en général, une zone de

basse pression faisait son apparition sur la même région, dans l'espace de deux jours après le passage du centre de haute pression. Voir comme exemples les n^{os} 18, 19, 20, 27, 28 et 32.

Les n^{os} 2, 3 et 5 sont les seuls cas dans lesquels une zone de haute pression n'a pas été suivie par une zone de basse pression dans le courant de deux jours. Dans le n° 2, une zone de haute pression, qui avançait vers l'E très-lentement, fut aussitôt suivie d'une autre zone de haute pression, et si l'on ne peut dire qu'il se forma une dépression notable entre elles, dans les limites des États-Unis, il s'en manifesta une assez nette dans le Canada. De même, le n° 3 fut immédiatement suivi par une autre zone de haute pression, et il ne se produisit pas de grande dépression entre les deux zones. Au n° 5, une zone de basse pression était apparemment en voie de formation sur la région W, tandis qu'une autre zone de haute pression la refoulait du côté N, et venait ensuite la combler. Ainsi nous voyons qu'une zone de haute pression exceptionnelle est presque invariablement suivie d'une zone de basse pression sur son côté W, à une distance d'environ 1,200 milles, mais il peut arriver qu'une nouvelle zone de haute pression se manifeste immédiatement après la première et empêche la formation d'une zone considérable de basse pression.

Les zones de haute pression extraordinaire semblent ainsi être généralement suivies de zones de basse pression, à l'E et à l'O à la fois, et à une distance moyenne d'environ 1,200 milles. Parfois, une zone de haute pression est assez étendue pour couvrir entièrement le continent d'un océan à l'autre, comme cela est arrivé le 17 novembre 1872, le 24 janvier 1874, les 1, 2 et 24 février 1874; mais, généralement, lorsqu'un centre de haute pression est près du milieu du continent, on reconnaît qu'une zone de basse pression passe au loin sur la région E, et qu'une autre zone de basse pression arrive du côté W. C'est ce que l'on constatera à l'examen du tableau (1-32). Quelquefois, la même carte montre une zone de très-haute pression en Minnesota, avec des zones de basse pression, à la fois sur la côte d'Atlantique et la côte du Pacifique, comme on l'a remarqué le 23 et le 26 décembre 1872, le 27 janvier 1873, le 4 mars 1873, le 29 novembre 1873, le 15 janvier 1874,

et le 12 avril 1874. Le cas du 15 janvier 1874 est intéressant, à cause de la grande différence entre les pressions maxima et minima ; et le cas du 12 avril 1874 est remarquable en raison de la faible distance entre les deux centres de basse pression. La planche III représente les isobares à cette date, et montre un maximum de pression s'élevant à 778.76 à Alpena, avec un minimum à l'E, de 749.04 à Sydney, et un minimum à l'O, de 749.04 à Fort-Sully.

La direction du vent est indiquée par des flèches et sa force par le nombre de pennes figurées à leur extrémité. Une penne indique une vitesse qui ne dépasse pas six milles à l'heure ; deux pennes indiquent une vitesse de six à dix milles ; trois pennes, de onze à quinze milles ; quatre, de seize à vingt milles, et ainsi de suite pour les vitesses supérieures.

La planche I accompagnant mon cinquième Mémoire représente une zone de haute pression près du fleuve Mississippi, avec une zone de basse pression en Oregon. Il existait, en même temps, une zone de basse pression à l'E, mais justement au-delà des limites de la carte.

Une des plus remarquables circonstances se rapportant à ces zones de haute pression, c'est la force du vent de N qui précéda leur formation. Le tableau que voici montre la direction et la force du vent (en milles à l'heure) dans certaines stations, au moment de la formation de chacune des zones de haute pression mentionnées dans le tableau (1-32).

N° 1. — 1872. Octo. 27.1 Quebec. Vent de NE 33.

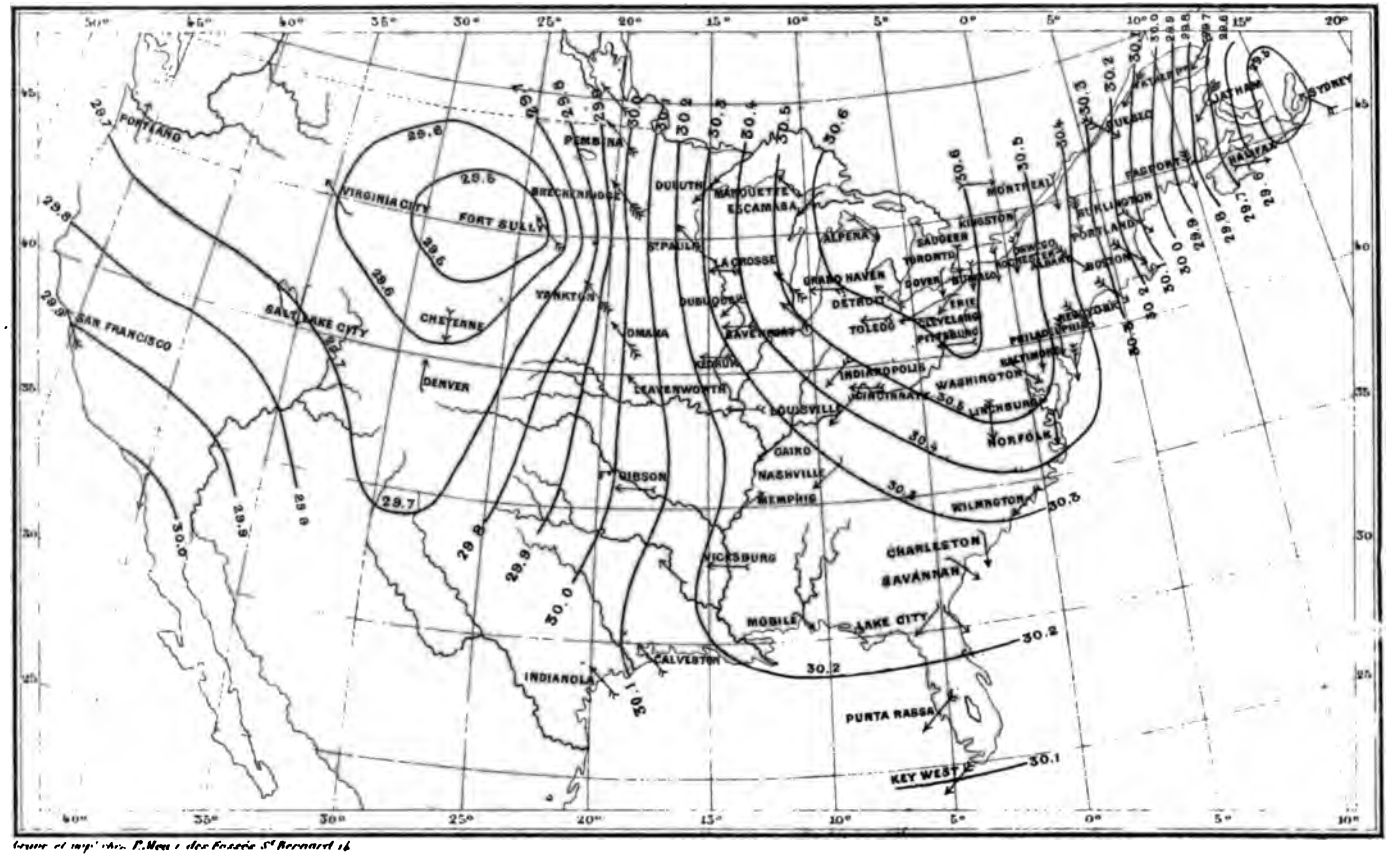
N° 2. — Nov. 12.2 Fort-Sully, N 40 ; nov. 13, 2 Breckenridge NW, 45 ; nov. 13.3 Breckenridge NW 40 ; nov. 14.1 Fort-Sully NW 42 ; Breckenridge NW 40 ; nov. 14.2 Breckenridge, NW 36 ; Pembina NW 30 ; nov. 15.1 Brenckenridge, NW 36 ; Pembina NW 32 ; nov. 15.2 Breckenridge NW 47 ; Omaha NW 30 ; nov. 15.3 Pembina NW 38.

N° 3 — Nov. 16.3 Breckenridge NW 30 ; nov. 17.1 Breckenridge NW 28 ; Nov. 18.2 Fort-Sully NW 32.

N° 4. — Nov. 27.1 Grand-Haven NW 32 ; Milwaukee NW 41 ; nov. 29.2 Quebec NE 57 ; nov 29.3 Quebec NE 42.

N° 5. — Déc. 8.1 Quebec NE 41 ; déc. 8.2 Escanaba NW 30 ; déc.

ISOBARIC CURVES APRIL 12, 1874, 7.35 A M PLATE III.



Gravé et imprimé chez F. Monrocq, rue des Fossés St Bernard 16

8.3 Milwaukee NW 30 ; déc. 9.1 Milwaukee N 36 ; déc. 9.2 Cap May NW 36 ; déc. 9.3 Philadelphie NW 36 ; déc. 10.1 New-York NW 36.

N° 6. — Déc. 20.1 Quebec NE 33 ; déc. 21.2 Saint-Louis NW 38 ; déc. 22.1 Cap May NW 34.

N° 7. — Déc. 22.2 Breckenridge NW 33 ; Fort-Sully N 34 ; déc. 22.3 Breckenridge NW 40 ; déc. 23.1 Chicago NW 32 ; Grand-Haven NW 33 ; déc. 23. 3 Philadelphie N 32.

N° 8. — Déc. 26.1 Milwaukee NE 30 ; déc. 26,2 New-London N 32 ; déc. 26.3 New-York NW 30 ; déc. 27.1 Milwaukee NW 30 ; déc. 27.2 Grand-Haven NW 30.

N° 9. — 1873. Janv. 9.1 Breckenridge NW 32 ; Fort-Garry NW 31 ; Pembina NW 36 ; janv. 9.2 Breckenridge NW 35.

N° 10. — Janv. 12.3 Breckenridge NW 40 ; janv. 13.3 Kingston W 22.

N° 11. — Janv. 15.1 Breckenridge NW 35 ; janv. 17.1 Cairo N 38.

N° 12. — Janv. 27.2 Breckenridge N 40 ; Fort-Sully NW 32 ; janv. 28.2 ; Oswego NW 28.

N° 13. — Janv. 30.1, Fort-Sully NW 34.

N° 14. — Mars 1.2, Fort-Garry NW 23 ; mars 1.3 Breckenridge N 25 ; mars 2.1 Escanaba N 35 ; mars 2.2 Escanaba N 32 ; mars 3.2 ; Cap May NW 32 ; Philadelphie NW 30 ; Washington NW 32 ; mars 4.1 Cap May NW 32 ; mars 4.2 Cap May NW 30.

N° 15. — Mars 24.2 Breckenridge NE 30 ; mars 24.3 Breckenridge N 30.

N° 16. — Déc. 1.1 Cap Rosier NW 32.

N° 17. — Déc. 3.2 Yankton NW 35 ; déc. 3.3 Breckenridge N 28 ; Saint-Louis, W 43 ; déc. 4.1 Grand-Haven W 49 ; déc. 4.2 Milwaukee N 29.

N° 18. — Déc. 8.2 Yankton NW 25 ; déc. 10.1 Father-Point N 25 ; Quebec, W 54.

N° 19. — Déc. 18.2 Yankton NW 26 ; déc. 19.3 Cap May NW 14 ; Quebec NE 31.

N° 20. — Déc. 28.2 Fort-Sully NW 18 ; déc. 28.3 Breckenridge NW 29 ; déc. 29.1 Grand-Haven NW 32 ; déc. 29.2 Oswego NW 28 ;

déc. 29.3 Grand-Haven NW 28 ; Erie NW 28 ; déc. 30.1 Erie NW 28; Cap May NW 28.

N° 21. — 1874. Janv. 4.3 Toronto NW 32.

N° 22. — Janv. 12.3 Fort-Sully N 34 ; Breckenridge N 28; janv. 13.1 Fort-Sully N 28 ; janv. 14.2 Eastport NE 40 ; Quebec NE 43; janv. 14.3 Father-Point NE 30 ; Cap Rosier NE 30; janv. 15.1 Cap Rosier NE 35 ; janv. 15.3 Cap May NW 32.

N° 23. —Janv. 18.2 Yankton NW 40 ; janv. 19.1 Escanaba N 28; janv. 19.3 Oswego NE 28 ; janv. 20.1 Eastport NE 28 ; janv. 20.2 Sydney NE 29.

N° 24.— Janv. 23.2 Philadelphie NW 32 ; janv. 24.2 Erie NW 28; Saugeen NW 34 ; janv. 24.3 Albany NW 31 ; Philadelphie NW 30 ; Cap May NW 38 ; janv. 25.2 Oswego NW 28 ; Eastport N 28 ; janv. 25.3 Eastport N 28.

N° 25. — Janv. 28.1 Quebec NE 47; janv. 28. 3; New-York NW 28 ; janv. 30.2 Toledo NE 28.

N° 26. — Févr. 4.3 Montreal N 26; févr. 5.1 Easport. N. 28 ; févr. 5.2 Albany W 30.

N° 27. — Fév. 20.2 Fort-Sully N 50 ; Breckenridge N 31 ; fév. 20.3 Fort-Sully NW 30 ; Yankton NW 26; févr. 21.1 Yankton NW 25; févr. 22.3 Fort-Sully N 36 ; févr. 23.3 Albany NW 34 fév. 24.1, Norfolk N 26.

N° 28. — Mars 22.2 Detroit NW 24 ; Escanaba NW 32 ; Grand-Haven NW 36 ; Milwaukee NW 32 ; mars 23.3 Grand-Haven NW 31; Rochester NW 34; Saugeen NW 38 ; Toronto NW 31 ; mars 23.1 Albany NW25 ; Oswego NW 28 ; Rochester NW 25 ; Saugeen NW 27; Toronto NW 25; mars 23.2, Albany NW 34; Oswego NW 28 ; Toronto NW 29 ; Montreal NW 27 ; Cap Rosier NW 25 ; mars 23.3 ; Burlington NW 40 ; Cap May N 25 W ; Father-Point NW 48 ; mars 24.1 Eastport N 32.

N° 29. — Avril 12.1 Albany NW 28; Burlington N 26 ; Eastport N 28; Avril 12.2 Cap Rosier N 30 ; Avril 12.3 Cap Rosier N 32.

N° 30. — Sept. 16.2 Quebec NE 22 ; sept. 17.1 Quebec NE 35 ; sept. 17.2 Quebec NE 35.

N° 31. — Octo. 9.2 Bismark NW 36; Fort-Sully N 30 ; Pembina

NW 28 ; oct. 10.2 Grand-Haven NW 32 ; octo. 10.3 Parry-Sound W 37.

N° 32. — Oct. 28.1 Bismark N 34 ; oct. 28.2 Cheyenne NW 40 ; oct. 28.3 Yankton NW 34 ; Breckenridge N 32 ; octo. 29.2 Yankton NW 28 ; Bismark NW 37 ; Fort-Sully NW 32 ; octo. 29.3 Fort-Sully, NW 28 ; Quebec N 41 ; oct. 30.1 Yankton NW 28.

Dans la colonne 6 du tableau (1-32) on a indiqué le vent le plus fort, qui a précédé chacune de ces zones de haute pression. Nous voyons que ces vitesses maxima oscillent entre 30 et 57 milles, ce qui donne une moyenne de 39 milles à l'heure. Près des deux tiers de ces vents violents ont été de NW, et tous, à l'exception de six, ont été notés de quelque quadran septentrional. On les trouvera représentés sur la planche III.

Les faits ainsi présentés, semblent confirmer les conclusions établies dans mon huitième Mémoire, et justifier également quelques généralités nouvelles. Nous voyons que, immédiatement après le passage d'un centre de dépression, le vent souffle généralement avec force de quelque quadran nord. Par suite de la rotation de la terre, ce vent de Nord se trouve dévié de la ligne droite, et une sorte de raréfaction mécanique de l'air s'entretient vers le centre de dépression. L'inflexion de ce courant vers l'O produit une condensation mécanique de l'air sur la région W, de sorte que la même cause contribue à produire une zone de basse pression sur le côté E et une zone de haute pression sur le côté W et, à mesure que la force de ce vent de N s'accroît, la condensation de l'air sur le côté W de la zone de dépression s'accroît pareillement. Ainsi les zones de haute pression extraordinaire sont, en partie, l'effet des vents de N violents qui les précèdent immédiatement. Ces vents de N proviennent d'une région dont la température est très-basse, de sorte que l'air est partiellement condensé par une compression mécanique, et par l'effet de sa basse température. Ces vents de N soufflent avec une force extraordinaire sur Dakota et le Minnesota, parce que c'est dans le voisinage de ces méridiens que se trouve la partie la plus froide du continent américain durant les mois d'hiver, et que le contraste entre les températures du Minnesota et du Golfe du Mexique est plus grand qu'on

ne l'observe ailleurs pour une égale différence de latitude à l'E du Mississippi.

Ces considérations ne peuvent expliquer la haute pression du cas n° 9, ni des cas semblables qui se présentent fréquemment dans les États du Sud. Elles n'expliquent pas davantage la longue persistance qui souvent caractérise ces zones de haute pression. Le n° 14 présente un cas dans lequel une zone de haute pression se maintient d'elle-même durant une semaine, avec un très-lent mouvement vers le SE., tandis que, pendant toute cette période de temps, le vent souffle autour et à partir du centre de haute pression avec une vitesse de près de 10 milles à l'heure. Ce mouvement de l'air vers l'extérieur aurait pour effet d'aplanir la zone de haute pression dans l'espace d'un ou de deux jours, si l'air ainsi extrait ne se trouvait point renouvelé par quelque autre source. Dans le cas du 12 avril 1874, le mouvement de l'air s'est opéré à raison de près de 20 milles à l'heure; cette zone de haute pression se maintint elle-même durant plusieurs jours, avec une très-faible diminution, tandis qu'elle se déplaçait légèrement vers le SE. La masse d'air qu'il fallait pour maintenir ces zones de haute pression paraissait provenir de l'air qui s'élève des zones de basse pression, et puisque, dans les latitudes moyennes de l'Amérique du Nord, le courant supérieur a été reconnu généralement comme se mouvant à partir du NW, la masse d'air qui maintient une zone de haute pression, doit provenir principalement d'une zone de basse pression située sur son côté W ou NW.

Cette conclusion est confirmée par les observations de direction des nuages supérieurs, faites par les collaborateurs du Corps des Signaux des États-Unis, aux dates des dépressions indiquées dans mon huitième Mémoire. Pour chacune d'elles et lorsqu'il existait une zone de haute pression bien déterminée à l'E d'une zone de dépression, dans le périmètre des États-Unis, j'ai choisi tous les cas dans lesquels la direction des nuages supérieurs fut indiquée dans les stations comprises entre les centres de basse et de haute pression. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant, dont les diverses colonnes indiquent :

1° La date de l'observation ;

2° Le nom de la station ;

3° La direction du vent à la surface du sol ;

4° La direction des nuages supérieurs à la date et à la station données.

Direction des nuages supérieurs entre des zones de basse et de haute pressions.

DATES.	STATIONS.	VENT.	NUAGES.	DIRECTION.	DATES.	STATIONS.	VENT.	NUAGES.	DIRECTION.
1872					**1874**				
déc.24.1	Breckenrid.	SE	W	Gauche	fév.11.2	Omaha	S	W	Droite
1873						Toledo	E	W	—
jan 29.2	Chicago ...	S	W	—	11.3	Toledo	E	W	—
fév. 6.2	Breckenrid.	SW	NW	—	12.1	Alpena.....	SE	SW	Gauche
	Davenport .	SW	N	—		Cincinnati..	SE	SW	—
sep 26.1	Marquette..	SE	SW	—		Fort Gibson	E	SW	—
	Milwaukee.	SE	SW	—		Grand Hav.	SE	W	—
	Saint-Louis	S	W	=		Rochester..	SE	W	=
	Toledo ...	SE	SW	Gauche		Toledo	E	NW	=
26.2	Alpena	SE	SW	—		Toronto....	E	SW	Gauche
	Cincinnati..	SE	SW	—	12.2	Brockville..	NE	W	—
	Duluth.....	E	SW	—		Oswego....	SE	NW	=
	Port Dover	E	SW	—		Washingt..	E	W	Droite
	Toledo	S	W	—	mars1.2	Albany.....	S	W	Gauche
	Toronto ...	E	W	—	1.3	Albany	S	W	—
	Washingt..	SE	W	—		Ottowa	S	N	=
oct.17.2	Cleveland..	SE	W	Droite	6.2	Cincinnati..	S	NW	Droite
	Louisville..	S	NW	—		Memphis ..	SE	SW	=
	Lynchburg.	SE	NW	—	6.3	Indianapolis	SE	SW	=
déc. 3.3	Buffalo	S	SW	Ganche	16.2	Alpena	SE	SW	Gauche
	Cap Rosier	NE	W	—		Toronto ...	E	SW	—
déc 31.2	Fort Gibson	SE	NW	Droite	av. 12.2	Cincinnati..	E	NW	Droite
	Indianapolis	SE	W	Gauche		Davenport .	SE	W	=
	La Crosse..	S	NW	=		Dubuque...	E	N	Droite
	Lynchburg.	S	NW	Gauche		Knoxville..	E	W	—
	Marquette .	S	W	—		Marquette .	S	W	Gauche
1874						Memphis ..	SE	W	Droite
janv 2.2	Breckenrid.	E	W	Gauche		Saint-Louis	E	W	—
	Leavenwor.	S	NW	Droite		Saint-Paul .	SE	W	Gauche
	Memphis ..	SE	SW	Gauche		Yankton...	SE	NW	Droite
	Omaha	S	W	—	12.3	Leavenwor.	SE	SW	Gauche

On pourra observer que, sur le sol, les vents soufflaient, dans tous les cas, autour du centre de dépression et vers ce point, mais avec une déviation de la direction rectiligne ; en d'autres termes, ils tournaient autour du centre de dépression, et se mouvaient en même temps, suivant une spirale. Les nuages supérieurs ont été,

toutes les fois, notés comme partant du centre de la dépression et se dirigeant vers l'E ou le SE d'une zone de haute pression. Parfois, le mouvement des nuages supérieurs a été dirigé presque exactement vers le centre de haute pression : on a désigné ces cas par le signe = dans la cinquième colonne du tableau. Quelquefois, la direction des nuages supérieurs a donné lieu de croire qu'elle les portait vers la droite du centre de haute pression ; on a désigné ces cas par l'indication *Droite* dans la cinquième colonne du tableau. Cependant, en général, la direction des nuages supérieurs accusait leur mouvement vers la gauche du centre de haute pression. On a désigné ces cas par l'indication *Gauche* dans la cinquième colonne du tableau. On reconnaît que le mouvement, vers la gauche du centre de haute pression, se produit deux fois plus souvent que vers la droite ; en d'autres termes, tandis que le mouvement des nuages supérieurs s'effectue d'une zone de basse pression vers une zone de haute pression, ils ont une tendance à circuler autour du centre de haute pression dans la même direction que celle que suivent les vents de surface, en circulant autour d'un centre de haute pression. Ainsi, nous voyons que, près de la surface du sol, il existe un mouvement régulier de circulation de l'atmosphère, depuis une zone de haute pression jusqu'à une zone de basse pression, où l'air s'élève, et d'où il retourne, par un mouvement rétrograde, à quelque zone de haute pression (peut-être la même que celle d'où il était parti), puis il redescend à la surface de la terre, et prend de nouveau le même mouvement, ou un mouvement analogue.

Une circulation atmosphérique semblable est indiquée par les observations de température d'Islande, comparées à celles de l'Europe centrale.

J'ai montré, dans mon cinquième Mémoire (pp. 91 et 92) que, si l'on se base sur les observations de cinquante ans, une température *supérieure* à la moyenne, en Islande, est généralement suivie d'une température *inférieure* à la moyenne en Europe centrale, et que le contraste est le plus marqué durant les mois les plus froids de l'année. J'ai reçu, récemment, le Journal de la Société météorologique d'Écosse, vol. III, N.S., qui donne la tempéra-

ture moyenne de chaque mois en Islande, de novembre 1845 à décembre 1871, c'est-à-dire durant une période de 26 ans. J'ai comparé la température de chaque mois avec la température moyenne de ce mois pour la période entière. Dans les *Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences de Vienne* (décembre 1866) on donne la température moyenne de chaque mois à Vienne, depuis 1775 jusqu'à 1864, ainsi que la différence entre la température de chaque mois et la température de ce mois, déduite des observations de 90 ans. La température de Vienne, de 1865 à 1872 est donnée dans l'Annuaire météorologique de Jélinek pour 1871, p. 189. En comparant les variations de la température moyenne d'Islande et de Vienne pour ces 26 années, on obtient presque le même résultat que celui qui a été précédemment déduit des observations de 50 ans. Le tableau suivant indique cette comparaison pour trois mois, novembre, décembre et janvier, pour une période entière de 41 années. La deuxième colonne, pour chaque mois, indique tous les cas dans lesquels la température d'Islande a été au moins de 2°5 F (1° R ou 1°3 C) supérieure à la moyenne. L'année correspondante est mentionnée dans la première colonne. La troisième indique de combien la température à Vienne était, dans le même mois, supérieure ou inférieure à la moyenne.

On pourra observer que, durant les années sus-mentionnées, la température moyenne d'Islande en novembre, a été de 3°7 F (2°0 C) supérieure à la moyenne, tandis qu'à Vienne elle a été de 3°4 F (1°9 C) inférieure à la moyenne ; et que pour les trois mois étudiés, la température d'Islande a été de 4° 1 F (2°3 C) supérieure à la moyenne, tandis qu'à Vienne, pour les mêmes mois, elle a été de 3°5 F (1°9 C) inférieure à la moyenne. Si, d'un autre côté, la température de Vienne était indépendante des causes qui influent sur la température d'Islande, la variation ordinaire de la température moyenne à Vienne, pour les mois en question, devrait être zéro au lieu de 3° 5 F (1°9 C) que nous venons de trouver.

Dans la moitié inférieure du tableau, la troisième colonne renferme tous les cas dans lesquels la température à Vienne a été d'au moins 2° 1/4 F (1°2 C) inférieure à la moyenne ; la deuxième co-

Comparaison des températures d'Islande et de Vienne.

NOVEMBRE.			DÉCEMBRE.			JANVIER.		
ANNÉES.	ISLANDE.	VIENNE.	ANNÉES.	ISLANDE.	VIENNE.	ANNÉES.	ISLANDE.	VIENNE.
1827	— 14°9	— 21°8	1826	— 16.3	— 15.4	1823	— 15.5	— 23.4
32	— 16.2	— 19.4	28	— 14.3	— 15.3	28	— 15.2	— 17.5
35	— 15.8	— 22.2	29	— 15.5	— 25.2	29	— 16.5	— 19.8
46	— 15.0	— 19.8	31	— 16.0	— 17.9	30	— 15.3	— 24.4
51	— 16.2	— 20.2	34	— 14.3	— 16.0	33	— 16.0	— 21.9
55	— 15.8	— 17.8	35	— 16.2	— 20.0	47	— 12.2	— 19.8
57	— 14.8	— 19.7	49	— 15.0	— 19.6	48	— 16.4	— 23.9
58	— 16.4	— 22.3	50	— 14.4	— 17.3	51	— 14.7	— 17.3
64	— 15.3	— 18.7	51	— 13.9	— 17.7	61	— 14.8	— 19.7
67	— 15.8	— 18.7	53	— 14.9	— 22.4	62	— 15.5	— 18.6
70	— 16.3	— 15.1	58	— 16.2	— 17 3	64	— 15.9	— 22.8
			61	— 15.8	— 19.2	69	— 14.9	— 17.9
MOYENNES	— 15.6	— 19.6	64	— 16.1	— 21.4	70	— 16.2	— 17.5
			65	— 15.8	— 17.1			
			67	— 16.5	— 18.4	MOYENNES	— 15.3	— 20.3
			71	— 15.9	— 23.4			
			MOYENNES	— 15.4	— 18.9			
1827	— 14.9	— 21.8						
29	— 17.7	— 21.9				1823	— 15.5	— 23.4
32	— 16.2	— 19.5	1829	— 15.5	— 25.2	26	— 17.9	— 22.4
35	— 15.8	— 22.2	32	— 18.0	— 19.4	29	— 16.5	— 19.8
46	— 15.0	— 19.8	35	— 16.2	— 20.0	30	— 15.3	— 24.3
47	— 19.0	— 19.2	46	— 17.3	— 19.6	31	— 17.5	— 19.6
49	— 17.6	— 19.0	49	— 15.0	— 19.7	33	— 16.0	— 21.9
51	— 16.2	— 20.2	53	— 14.9	— 22.4	47	— 12.2	— 19.8
53	— 17.1	— 19.0	55	— 17.3	— 23.7	48	— 16.4	— 23.9
54	— 18.0	— 19.8	59	— 21.1	— 21.2	50	— 17.0	— 21.4
56	— 18.1	— 21.4	61	— 15.8	— 19.2	58	— 17.4	— 19.5
57	— 14.8	— 19.7	64	— 16.1	— 21.5	61	— 14.8	— 19.7
58	— 16.4	— 22.3	70	— 16.6	— 20.9	64	— 15.9	— 22.8
60	— 16.9	— 19.6	71	— 15.9	— 23.4	71	— 16.9	— 20.6
MOYENNES	— 16.6	— 20.3	MOYENNES	— 16.6	— 21.3	MOYENNES	— 16.0	— 21.4

lonne indique de combien la température d'Islande a été au-dessus et au-dessous de la moyenne pour les mêmes mois. On pourra reconnaître que, durant les années ici mentionnées, la température moyenne à Vienne, en novembre, a été de 4°8 F (2°7 C) inférieure à la moyenne, tandis que celle d'Islande a été de 1°9 F (1°0 C) supérieure à la moyenne ; et que pour les trois mois étudiés, la température à Vienne a été de 6°0 F (3°3C) au-dessous de la moyenne tandis que celle d'Islande a été de 2°3 F (1°3 C) au-dessus de la moyenne. Si la température d'Islande était indépendante des causes qui modifient la température de Vienne, la variation ordi-

naire de la température moyenne d'Islande pour les mois en question devrait être zéro, au lieu de 2°3 F (1°3 C) que nous avons trouvés. Si l'on a égard à ce que ces nombres sont les résultats moyens déduits de 41 années d'observations, je crois qu'il est bien établi que, si la température d'Islande durant les mois les plus froids de l'année dépasse notablement la moyenne, la température de Vienne est généralement inférieure à la moyenne.

On pourra observer qu'il doit survenir, à l'occasion, quelques exceptions à cette règle. Ainsi, en décembre 1826, 1828 et 1834, et en novembre 1870, la température a été extraordinairement élevée à la fois en Islande et à Vienne ; en outre, en novembre 1847 et en décembre 1859, la température a été extraordinairement basse, à la fois en Islande et à Vienne. En décembre 1826 et 1828, la température a été au-dessus de la moyenne sur presque toute l'Europe, mais, en Sicile, elle a été légèrement au-dessous de la moyenne. En décembre 1834, la température a été notablement au-dessous de la moyenne, en Suisse et au nord de l'Italie ; et, en novembre 1870, la température a été inférieure à la moyenne en Angleterre. En novembre 1847, bien que la température fût inférieure à la moyenne à la fois en Islande et à Vienne, elle était très-franchement supérieure à la moyenne à Saint-Pétersbourg, ainsi que sur partie considérable de l'Europe septentrionale. En décembre 1859, l'abaissement de température était largement étendu, mais il ne m'a pas été possible de déterminer les limites entre lesquelles il a atteint toutes les régions de l'Europe.

Les faits qui précèdent me semblent devoir confirmer les conclusions que j'avais énoncées dans mon cinquième Mémoire, à savoir : qu'une zone de basse pression en Islande est ordinairement suivie d'une zone de haute pression sur le S et le SE de l'Europe, et que, durant les mois les plus froids de l'année, Vienne est généralement près du centre de cette zone de haute pression. Je suppose, en outre, que cette zone de haute pression est comblée par de l'air qui s'élève de la zone de basse pression. Cet air, qui s'élève près de l'Islande, se déplace comme courant supérieur en marchant vers le SE, d'où il résulte que la direction

moyenne du courant supérieur en Europe, durant les mois d'hiver, est d'environ N 52° W vers S 52° E.

NOTE. — Pour la préparation des matériaux de ce Mémoire, j'ai été assisté par M. Henry A. Hazen, *graduate of Darthmouth College, of the class of* 1871.

FIN.

Châteauroux. — Typographie et Stéréotypie A. NURET et FILS.

I

AUX MÊMES LIBRAIRIES

LES MONDES

REVUE HEBDOMADAIRE DES SCIENCES

DE LEURS APPLICATIONS AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

Par M. l'abbé MOIGNO

Paraissant tous les Jeudis, par liv. de 48 p. in-8, fig. interc. dans le texte et formant chaque année 3 forts vol. de près de 800 pages.

13e ANNÉE

PRIX DES ABONNEMENTS POUR UN AN :

PARIS.....	**25** fr.	ÉTRANGER.....	**32** fr.
DÉPARTEMENTS.....	**30** fr.	PAYS D'OUTRE-MER.. ...	**45** fr.

La collection complète depuis son origine, janvier 1863, jusqu'au 31 décembre 1877, 15 années complètes. — 44 volumes grand in-8e, avec figures, brochés ; prix : **350** francs. — Chaque année, composée de 3 volumes, se vend séparément 25 francs (à l'exception de la 8e année, qui n'a que 2 volumes, et dont le prix n'est que de 17 francs).

Sur la radiation, par M. John Tyndall, traduit de l'anglais. Brochure in-18 jésus. 1 fr. 25

Sur la force de combinaison des atomes, par M. A-W. Hofmann ; traduit de l'anglais, avec un aperçu de philosophie chimique. In-18 jésus. 1 fr. 25

Analyse spectrale des corps célestes, par M. William Huggins, traduit de l'anglais. In-18 jésus. 1 fr. 50

La Calorescence. — Influence des couleurs et de la condition mécanique sur la chaleur rayonnante, par M. John Tyndall. Traduit de l'anglais. In-18 jésus. 1 fr. 50

La Force et la Matière. — La Force. — Deux Conférences de M. Tyndall, traduites de l'anglais, avec appendice sur la nature et la constitution intime de la matière. In-18 jésus. 1 fr. 50

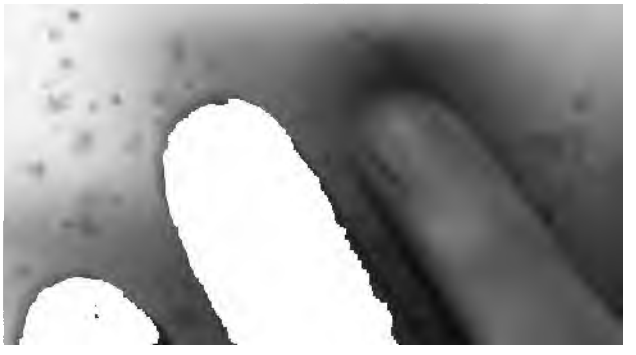
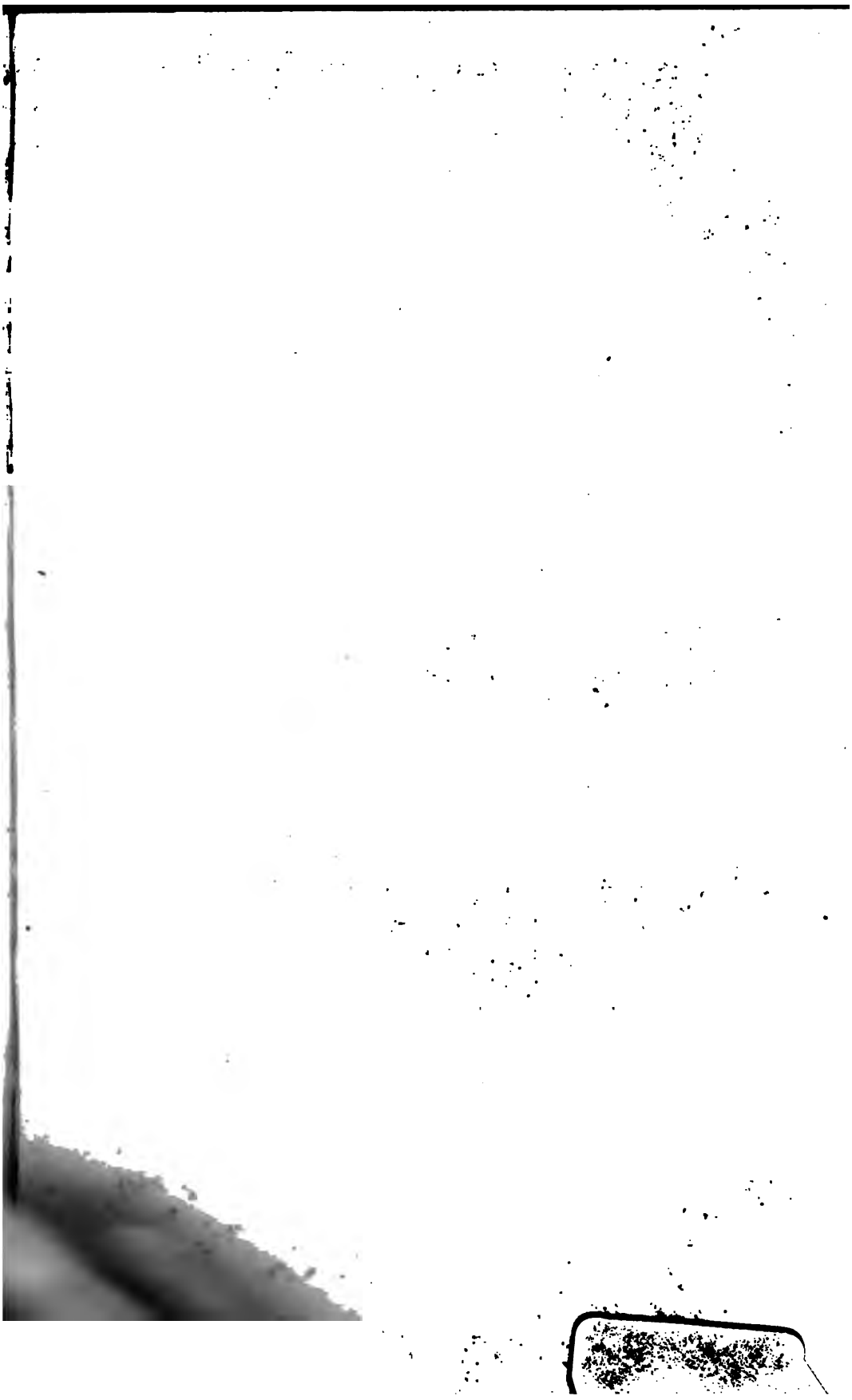
Les Éclairages modernes. Conférences de M. l'Abbé Moigno. — Eclairage aux huiles et essences de pétrole. — Éclairage au magnésium. — Éclairage au gaz hydrogène. — Éclairage à la lumière électrique. — Régulateur de la pression du gaz. — In-18 jésus. 2 fr.

Sept Leçons de Physique générale, par Augustin Cauchy, avec un appendice sur les rapports de la science avec la foi. In-18. 1 fr. 50

Physique moléculaire. Ses conquêtes, ses phénomènes et ses applications. In-18 jésus. 2 fr. 50

Microbes organisés, leur rôle dans la fermentation, la putréfaction et la contagion. Mémoires de MM. Tyndal et Pasteur. In-18 jésus. 3 fr. 50

Ozone. Ce qu'il est, ses propriétés physiques et chimiques. — Son existence et son rôle dans la nature. — Analyse des recherches et des travaux dont il a l'objet. In-18 jésus. 3 fr. 50

Secchi (R. P.) Sa vie, son observatoire, ses travaux. In-18 jésus. 3 fr 50

Saint-Denis. — Imp. Ch. LAMBERT, 17, rue de Paris.